

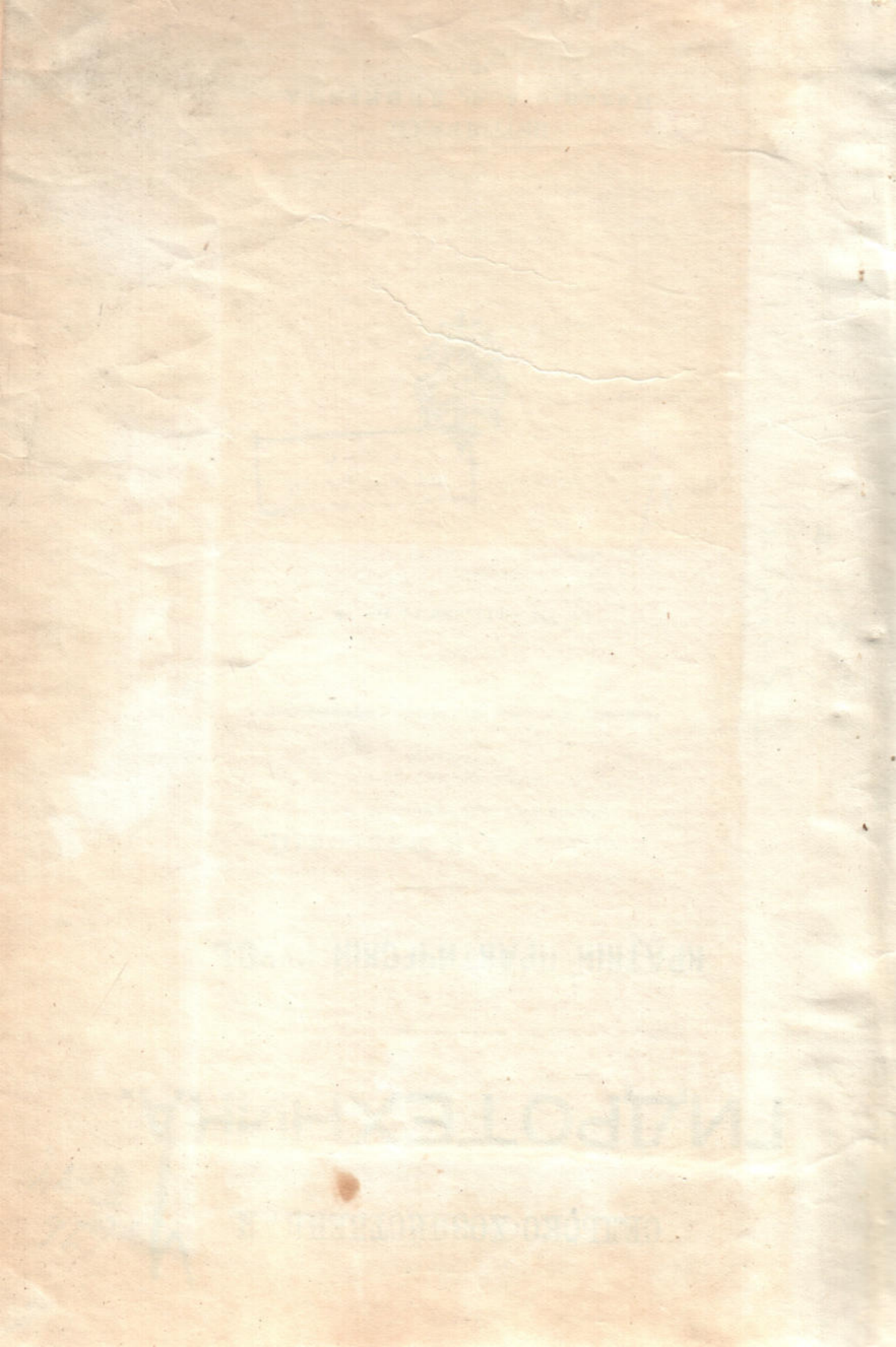
626  
5-44

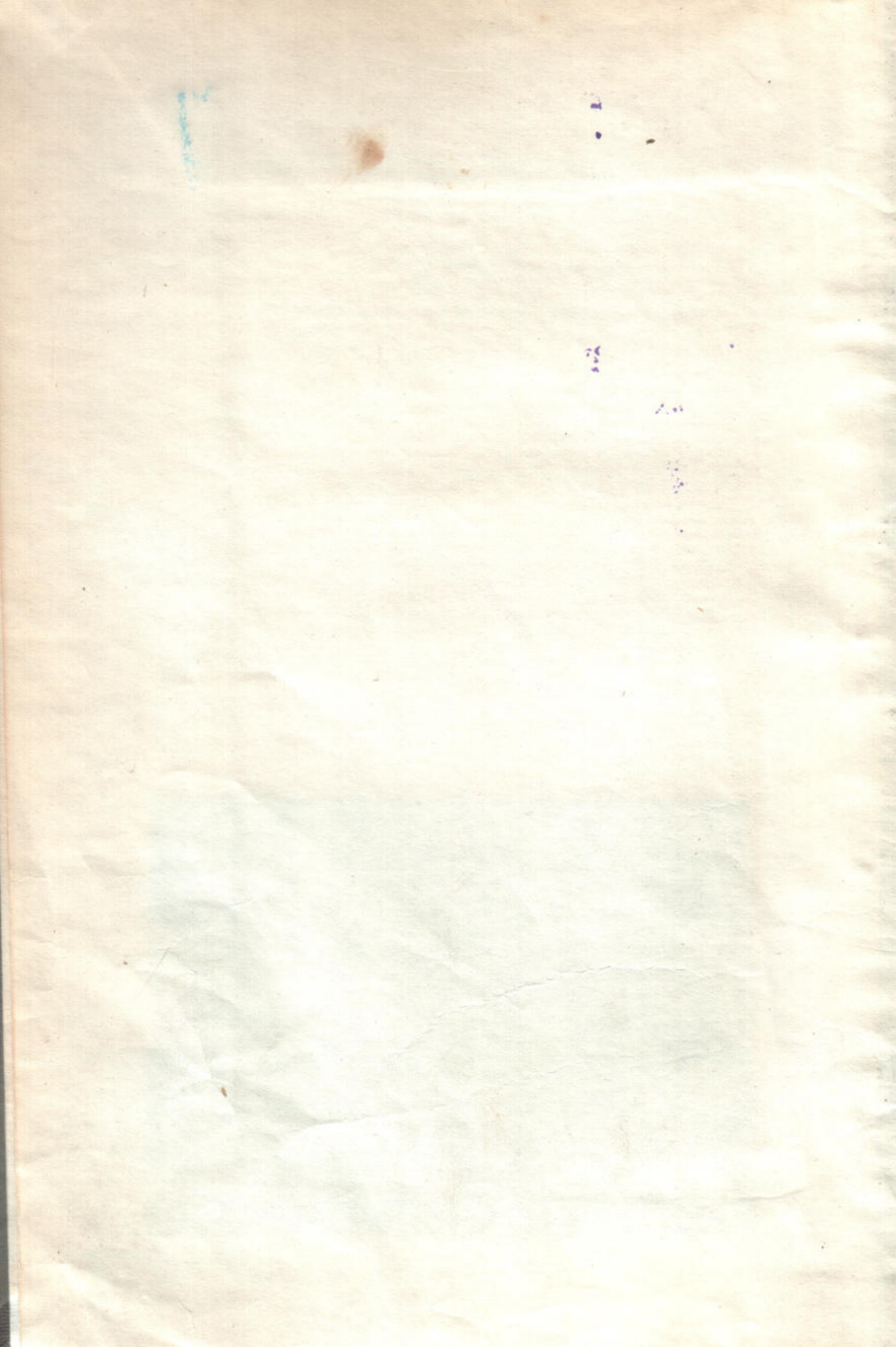
1834

110

1834









П

У 626  
8-44

# СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ГИДРОТЕХНИКА.

## КРАТКІЙ ПРАКТИЧЕСКІЙ КУРСЪ.

Составилъ **А. В. БѢЛЬСКІЙ**,  
инженеръ-гидротехникъ О. З. У.

*Издание 2-е, значительно дополненное.*

Съ 354 чертежами въ текстѣ.

1834

Гидрометеорологический  
Институтъ в Кіевѣ

✓

проверено  
1966 г.



О

ПЕТРОГРАДЪ.  
Издание **А. Ф. ДЕВРІЕНА**.  
1916.

Издательство Гидротехнического Института в Кіевѣ

СЕРБНО-ХОЗЯЙСТВЕННА

ТЕХНИКА

ВРАТНИ-ВРАТНИ-ВРАТНИ

Составил А. В. ВАРВАНОВИЧ  
Издательство 1913 г.

Издательство 1913 г.

Издательство 1913 г.





# ОГЛАВЛЕНІЕ.

СТР

Предисловіе ко второму изданію . . . . .	V
Введеніе . . . . .	1
1. Движеніе воды . . . . .	1
2. Истеченіе изъ отверстій . . . . .	7
3. Движеніе воды въ трубахъ . . . . .	18
4. Движеніе воды въ канавахъ и рѣкахъ . . . . .	21
5. Плотины . . . . .	31
6. Водосборы . . . . .	36
7. Гидрометрія . . . . .	39
<b>ГЛАВА I. Перемѣщеніе воды.</b> . . . .	51
1. Канавы. . . . .	51
2. Трубы . . . . .	67
<b>ГЛАВА II. Обводненіе.</b> . . . .	86
1. Источники водоснабженія . . . . .	86
2. Каптажъ ключевой воды . . . . .	94
3. Колодцы . . . . .	97
4. Водохранилища . . . . .	136
<b>ГЛАВА III. Орошеніе.</b> . . . .	184
1. Отводъ воды изъ рѣкъ . . . . .	187
2. Перемычки . . . . .	192
3. Главный ирригаціонный каналъ . . . . .	193
4. Трубчатые водоспуски . . . . .	199
5. Постоянная оросительная сѣть . . . . .	204
6. Системы орошенія . . . . .	210
7. Расчетъ оросительныхъ системъ . . . . .	220
8. Машинный способъ орошенія . . . . .	224
9. Увлажненіе почвы . . . . .	224
10. Кяризы . . . . .	226
<b>ГЛАВА IV. Осушеніе.</b> . . . .	229
1. Заболачиваніе почвы . . . . .	229
2. Осушеніе открытыми канавами . . . . .	232
3. Дренажъ . . . . .	243
4. Вертикальный дренажъ . . . . .	259
5. Механическій водоотливъ . . . . .	260
6. Регулированіе рѣчекъ . . . . .	260

<b>ГЛАВА V. Укрѣпленіе овраговъ.</b> . . . . .	264
1. Задержаніе воды на пути къ оврагу . . . . .	267
2. Укрѣпленіе вершины оврага . . . . .	269
3. Укрѣпленіе дна . . . . .	285
4. Укрѣпленіе скатовъ . . . . .	291
<b>ГЛАВА VI. Гидравлическіе двигатели.</b> . . . . .	295
1. Механическая работа воды . . . . .	295
2. Гидравлическія колеса . . . . .	298
3. Турбины . . . . .	306
4. Водоподъемныя машины . . . . .	313

Примѣры гидравлическихъ расчетовъ каналовъ . . . . .	350
--	-----



## Предисловіе ко второму изданію.

Настоящее, второе, изданіе выходитъ значительно измѣненнымъ по сравненію съ первымъ. Такъ, въ первой главѣ сдѣланы большія прибавленія, глава „обводненія“ расширена, измѣнена глава „орошенія“ и въ особенности „осушенія“, передѣланы „овраги“, дополнены „двигатели“; примѣчанія за текстомъ выброшены, и взамѣнъ этого прибавлено 49 страницъ введенія.

Всѣ эти измѣненія сдѣланы по даннымъ, какъ практики, такъ и литературы, добытымъ въ промежутокъ времени между первымъ и вторымъ изданіями, а также согласно тѣхъ нормъ и рѣшеній, которыя установлены бывшими за это время двумя съѣздами инженеровъ-гидротехниковъ Отдѣла Земельныхъ Улучшеній.

Обозначенія размѣровъ, выраженные въ вершкахъ въ первомъ изданіи, переведены на сотыя сажени.

Это послѣднее, какъ и большинство другихъ исправленій, сдѣлано по совѣту и указаніямъ лицъ большой компетенціи въ гидротехническихъ работахъ, близко стоящихъ, какъ къ учебному, такъ и къ практическому дѣлу и сочувствующихъ популяризаціи книги.

Небывалое до сихъ поръ оживленіе, огромный интересъ къ гидротехникѣ, который проявился въ русскомъ обществѣ за 4 — 5 послѣднихъ лѣтъ, вызвали, естественно, очень

большую, серьезную литературу по различнымъ вопросамъ земельныхъ меліорацій. Книга моя по своему характеру и назначенію совершенно не претендуетъ на какое-нибудь особое къ ней вниманіе; если въ первомъ изданіи ей отводилось очень маленькое мѣстечко въ литературѣ предмета, то тѣмъ болѣе скромная роль простого, элементарнаго справочника-конспекта назначается ей теперь, въ моментъ исключительнаго развитія интересовъ въ обширной области сельско-хозяйственной гидротехники. Эта-то маленькая роль, съ которою я выпускаю въ свѣтъ мою книгу, и даетъ мнѣ право рассчитывать на ту снисходительность, съ какою было встрѣчено первое изданіе, несмотря на многіе недочеты, шероховатости и существенные его недостатки.

Сентябрь 1 г.

*Авторъ.*



## Источники, послужившіе руководствомъ при составленіи книги.

1. Апфельротъ—Гидравлика.
2. Астафьевъ—Домовые водопроводы и водостоки.
3. Вернулли—Спутникъ механика.
4. Бершъ—Руководство по культурѣ болотъ.
5. Борткевичъ—Простѣйшій способъ укрѣпленій овраговъ.
6. Быстржинскій—Устройство каменныхъ колодцевъ.
7. Воейковъ—Человѣкъ и вода.
8. Войславъ—Изслѣдованіе грунта.
9. Галецкій—Артезіанскіе колодцы.
10. Гаманъ—Гидравлика.
11. Глушковъ—Руководство къ буренію скважинъ.
12. Головъ—Двигатели.
13. Горячкинъ—Насосы.
14. Гуржеевъ—Прикладная механика.
15. Hütte—Справочная книга.
16. Демчинскій—Дождеваніе.
17. Дингельштедтъ—Сельско-хозяйственная гидравлика.
18. Ежегодники Отдѣла Земельныхъ Улучшеній.
19. Жилинскій—Очеркъ работъ по орошенію на югѣ Россіи и Кавказѣ.
20. Жилинскій—Очеркъ гидротехническихъ работъ въ районѣ Сибирской желѣзной дороги.
21. Житомирскій—Абиссинскіе и трубные колодцы.
22. Ивацкичъ—Писаревъ—Какъ находить воду и устраивать колодцы.
23. Инструкціи Отдѣла Земельныхъ Улучшеній.
24. Кернъ—Овраги.
25. Кизенковъ—Объ орошеніи полей свѣговой водой.
26. Костяевъ—Борьба съ оврагами.
27. Костяковъ—Матеріалы по изученію гидромодуля.
28. Котельниковъ—Курсъ практической механики.
29. Кугушевъ, князь — Курсъ гидротехники, читанный студентамъ Новоалександрійскаго института.
30. Ланге—Діаграммы для расчета каналовъ.
31. Ланге—Искусственное орошеніе виноградниковъ.
32. Ланге—Проектъ орошенія въ имѣніи Кенига.
33. Люгеръ—Водоснабженіе городовъ.
34. Максимовъ—Техническая организація общественныхъ работъ.
35. Масальскій, князь—Овраги.
36. Муриновъ—Выводы изъ работъ Костычевской опытной станціи.
37. Нееловъ—Устройство плотинъ.
38. Николаи—Мосты.
39. Новгородскій—Колодцы.
40. Опшниковъ и Усовъ—Осушеніе.
41. Опшниковъ—Статьи и монографіи въ технической энциклопедіи.



42. Остафьевъ—Осушеніе и культура болотъ.
  43. Очеркъ оросительнаго дѣла въ Россіи.
  44. Подаревъ—Инженерное искусство. Лекціи, читанныя на инженерномъ отдѣленіи Московскаго с.-х. института.
  45. Попенгуть—Колодцы.
  46. Поповъ—Дренажъ.
  47. Правдзикъ—Курсъ водоснабженія.
  48. Пржепюрскій—Очеркъ орошенія садовъ.
  49. Пржесмыцкій—Гидротехническія работы Курской губерніи.
  50. Пржесмыцкій—Колодцы.
  51. Рабцевичъ—Укрѣпленіе дѣйствующихъ овраговъ.
  52. Раунеръ—Искусственное орошеніе земельныхъ угодій.
  53. Рихтеръ—Карангатскій искусственный источникъ.
  54. Розенъ, баронъ—Руководство по устройству и содержанію земскихъ дорогъ.
  55. Ростовцевъ—Утилизация малыхъ паденій воды.
  56. де-Рошефоръ, графъ—Урочное положеніе.
  57. Рудинскій—Курсъ ирригаціи.
  58. Рузскій—Гидравлика.
  59. Рухловъ—Водное хозяйство въ Россіи.
  60. Рытель—Приспособленія для подъема воды.
  61. Скорняковъ—Орошеніе и колонизація Сѣверной Америки.
  62. Скорняковъ—Орошеніе садовъ.
  63. Сладковъ—Орошеніе фруктовыхъ садовъ.
  64. Соловьевъ—Разработка торфа.
  65. Спарро—О бетонъ и его примѣненіи.
  66. Спарро—Атласъ чертежей водосливовъ и водоспусковъ.
  67. Спарро—Пособіе для сельскаго водоснабженія.
  68. Спарро и Дубахъ—Осушеніе болотъ.
  69. Справочная книга русскаго сельскаго хозяина подъ редакціей Котельникова.
  70. Сыромятниковъ—Продольные и поперечные профили земляныхъ оросительныхъ каналовъ.
  71. Тарловскій—Нормы стока для расчета прудовыхъ водосливовъ.
  72. Тиме—Курсъ гидравлики.
  73. Тихоновъ—Укрѣпленіе овраговъ.
  74. Трембовельскій—Таранъ.
  75. Труды 1-го и 2-го съѣздовъ инженеръ-гидротехниковъ.
  76. Тухолка—Руководство для составленія и выполненія проектовъ дренажа.
  77. Усовъ—Культура болотъ.
  78. Фишеръ—Плотины въ сельскомъ хозяйствѣ.
  79. Флиннъ—Движеніе воды въ оросительныхъ каналахъ.
  80. Флиннъ—Ирригаціонные каналы.
  81. Хедеръ—Насосы и компрессеры.
  82. Цимбаленко—Кяризи закаспійской области.
  83. Чернопатовъ—Руководство къ орошенію.
  84. Шабыгинъ—Таблицы для упрощенія и облегченія гидравлическихъ расчетовъ.
  85. Шарпантье-де-Косиньи—Земледѣльческая гидравлика.
  86. Шпетле, переводъ Дубахъ—Осушеніе почвы подземнымъ дренажемъ.
  87. Штукенбергъ—Производство изысканій.
  88. Янковскій—О работахъ общественныхъ и увлажнительныхъ.
  89. A. Friedrich—Kulturtechnischer Wasserbau.
  90. Vogler—Cründlehner der Kulturtechnik.
-



## ВВЕДЕНИЕ.

Въ жизни человѣка, въ жизни всей природы, вода занимаетъ самое первое, самое главное мѣсто. Безъ воды немыслима никакая жизнь ни растений, ни животныхъ; гдѣ нѣтъ воды, тамъ не видно и жилья человѣка. И въ той туманной дали вѣковъ, на зарѣ мірозданія, когда „Духъ Божій носился надъ водами“ (Бытія I, 2), этою стихіей началось движеніе, а съ нимъ и жизнь на землѣ.

Составляя насущнѣйшую потребность жизни человѣка, какъ прямо, такъ и косвенно, вода примѣняется имъ какъ движущая, механическая сила; она же представляетъ прекрасные пути сообщенія; ею широко пользуются въ санитарныхъ и лѣчебныхъ цѣляхъ, а въ послѣднюю великую войну бельгійцы употребляли воду какъ орудіе (открывая шлюзы) борьбы съ наступавшими германцами. Для такого широкаго, многосторонняго пользованія водой человѣчество съ незапамятныхъ временъ, вѣрнѣе, съ момента своего появленія на землѣ и до нашихъ дней изучаетъ свойства и законы жизни воды. Но насколько изучена и изслѣдована вода въ ея составѣ и свойствахъ при условіи равновѣсія, настолько много неяснаго, гипотетическаго и воображаемаго допускается въ выводахъ и положеніяхъ, опредѣляющихъ ея движеніе. Та часть механики, которая разсматриваетъ условія равновѣсія жидкихъ тѣлъ, называется гидростатикой, а занимающаяся изученіемъ движенія жидкостей носитъ названіе гидродинамики.

### 1. Движеніе воды.

Практическая гидродинамика или иначе *гидравлика* беретъ рядъ теоретическихъ положеній и законовъ, выведенныхъ на основаніи физическихъ свойствъ воды и дѣйствія на нее силъ тяжести, а затѣмъ эти положенія дополняетъ тѣми поправочными коэффициентами, которые добыты изъ непосредственнаго опыта. Получаемыя такимъ



образомъ формулы гидравлики являются вполне готовыми для примѣненія ихъ на практикѣ при расчетѣ всякаго рода гидротехническихъ устройствъ и сооружений.

Для вывода законовъ движенія воды, гидравлика основывается, между прочимъ, на гипотезѣ непрерывности. По этой гипотезѣ частицы воды во все время движенія не разъединяются и не оставляютъ промежутковъ. Отсюда слѣдуетъ, что объемъ воды, протекающей черезъ какое-либо сѣченіе рѣки, канала или трубы остается во все время движенія однимъ и тѣмъ же, и, слѣдовательно, въ каждомъ изъ сѣченій русла въ единицу времени проходитъ одно и то же количество воды.

Во всякомъ поперечномъ сѣченіи канала или русла, вода въ разныхъ точкахъ этого сѣченія имѣетъ не одинаковую скорость; именно, у береговъ и около дна скорость меньше, чѣмъ въ серединѣ потока. Происходитъ это, какъ отъ взаимнаго тренія частицъ воды между собою, такъ и отъ тренія движущейся массы воды о стѣнки русла. Такъ что наименьшая скорость будетъ у дна и стѣнокъ, нѣсколько большая въ близкомъ сосѣдствѣ отъ этихъ поверхностей и самая большая—тамъ, гдѣ вода наиболѣе удалена отъ русла. Слѣдовательно, вода, движущаяся въ потокѣ, течетъ не сплошною массою а отдѣльными связанными между собою струйками, перемѣщающимися съ различными скоростями. При этомъ принимается гипотеза параллелизма слоевъ:—предполагается, что отдѣльныя струи во все время движенія остаются нормальными къ плоскости поперечнаго сѣченія потока. Каждую отдѣльную струйку можно разсматривать какъ жидкій цилиндрикъ безъ промежутковъ и пустотъ, объемъ котораго на равныхъ между собою длинахъ вездѣ одинаковъ. Для опредѣленія объема отдѣльной струйки надо площадь поперечнаго ея сѣченія умножить на длину. Объемъ протекающей воды въ 1 секунду принято называть расходомъ и обозначать его буквою  $Q$ ; слѣдовательно, расходъ  $Q$  равенъ площади поперечнаго сѣченія  $F$ , умноженной на путь въ одну секунду, т. е. на скорость  $v$ , и такъ какъ расходъ струи вездѣ одинаковъ, то слѣдовательно

$$Q = Fv = \text{constant} \dots\dots\dots (I).$$

Эта основная формула гидравлики называется *закономъ постоянства расхода*. Формула указываетъ на то, что въ каждомъ потокѣ, въ разныхъ его мѣстахъ секундное количество протекающей воды вездѣ одинаково и зависитъ только отъ площади поперечнаго сѣченія и отъ скорости. Такъ, напримѣръ, секундное количество воды въ какомъ-нибудь ручьѣ одинаково, какъ въ сѣченіи  $A$  (фиг. 1), такъ и въ сѣченіи  $B$ ; и если въ  $B$  площадь сѣченія большая, чѣмъ въ  $A$ , то нужно предположить, что въ  $B$  скорость меньше, нежели въ  $A$ . Это подтверждается на каждомъ шагѣ; тамъ, гдѣ сѣченіе стѣснено, вода

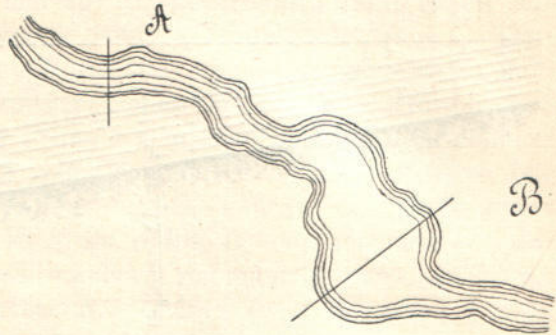


движется съ большею скоростью, чѣмъ тамъ, гдѣ она течетъ свободно. Разность высотъ точекъ *a* и *b* мѣстности, находящихся на разстояніи *l* (фиг. 2), называется паденіемъ линіи *ab*. Если паденіе, равное *h*, раздѣлить на разстояніе *l*, то получимъ *уклонъ* линіи *ab*, обозначае-  
мый черезъ *i*, слѣдовательно

$$i = \frac{h}{l}$$

иначе

$$i = \operatorname{tg} \alpha.$$



Фиг. 1.

Такъ, если линія *ab* имѣетъ длину 80 саж., а паденіе ея  $\frac{4}{10}$  саж., то уклонъ линіи *ab* будетъ

$$i = \frac{4}{10} : 80 = \frac{1}{200} = 0,005$$



Фиг. 2.

Уклонъ всегда число отвлеченное и обыкновенно изображается десятичною дробью; въ предъидущемъ примѣрѣ уклонъ 0,005 означаетъ, что на каждую единицу длины, мѣсто понижается на 0,005 этой единицы, т. е. на каждую саж. на 0,005

сажени, на каждый метръ на 0,005 метра, на каждый футъ на 0,005 фута и т. д.; при такомъ уклонѣ, напримѣръ, на 50 саж. отъ точки *a* какая-нибудь точка *m* будетъ возвышаться надъ *a* на

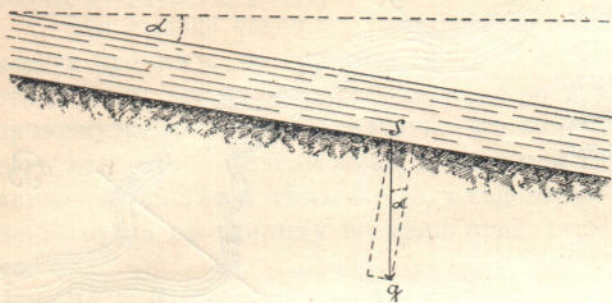
$$0,005 \cdot 50 = 0,25 \text{ саж.}$$

Въ природѣ рѣдко на большомъ протяженіи встрѣчаются уклоны поверхности въ 0,1; а, напримѣръ, въ болотахъ уклоны колеблются отъ 0,002 до 0,0002. Что касается рѣкъ, то въ нихъ уклонъ еще меньшій, и въ такихъ большихъ рѣкахъ какъ, напримѣръ, Волга, Дѣлпръ, Донъ уклонъ около 0,00007.

Такъ какъ движеніе воды происходитъ только при существованіи уклона, то слѣдовательно единственная сила, побуждающая воду двигаться, есть сила тяжести. Представимъ себѣ часть потока и на днѣ его элементъ воды около дна русла (фиг. 3), этотъ элементъ бу-



детъ находиться подѣйствию силы тяжести  $g$ . Разлагая эту силу на двѣ составляющія, по направленію движенія и перпендикулярно

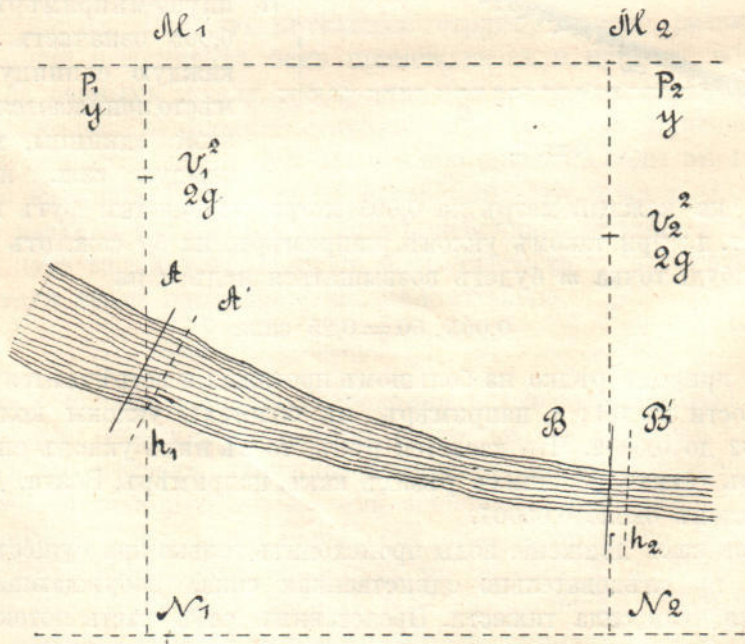


Фиг. 3.

руслу, видимъ, что элементъ воды  $s$  подверженъ постоянной ускоряющей силѣ  $g \sin \alpha$ . Однакоже и опыты и наблюдение учатъ насъ, что вода въ руслѣ движется не ускоряясь. Очевидно при движеніи существуютъ условія, противодействующія ускоренію, уничто-

жающія въ каждый моментъ времени силу  $g \sin \alpha$ , т. е. и равныя и противоположныя. Эти условія заключаются въ треніи, какъ воды о воду, такъ и о стѣнки русла. Сила тренія при этомъ, какъ извѣстно изъ механики, возрастаетъ съ увеличеніемъ площади трущихся поверхностей, степени ихъ шероховатости и скорости движенія.

Предположимъ, что въ трубѣ произвольной формы (фиг. 4), движется вода слѣва направо по уклону. Предположимъ это движеніе стаціонарнымъ, иначе—установившимся, т. е. такимъ, когда скорость



Фиг. 4.



во все время не мѣняется; затѣмъ, пусть въ каждомъ сѣченіи струйки будутъ параллельны оси трубы, и выдѣлимъ часть трубы  $AB$ . Пусть въ точкѣ  $A$  сѣченіе будетъ равно  $f_1$ , а въ точкѣ  $B = f_2$ . Такъ какъ и слѣва и справа части  $AB$  имѣются продолженія, то слѣва вода давить на сѣченіе  $f_1$ , и способствовать перемѣщенію части  $AB$ , масса же съ правой стороны давить на сѣченіе  $f_2$  и, наоборотъ, представляетъ сопротивленіе движенію струи  $AB$ . Обозначимъ давленіе воды на единицу площади слѣва черезъ  $p_1$ , а справа—черезъ  $p_2$ ; далѣе пусть скорость въ точкѣ  $A$  будетъ  $v_1$ , а въ точкѣ  $B = v_2$ ; наконецъ, пусть вертикальное разстояніе центра тяжести площади  $f_1$  надъ какою-нибудь горизонтальною плоскостію  $NN$  будетъ  $h_1$  и площади  $f_2 = h_2$ . Предположимъ, что въ какую-нибудь единицу времени струя  $AB$  перемѣстилась въ  $A'B'$ . Такъ какъ перемѣщеніе это совершилось подѣйствіемъ силъ во 1-хъ, тяжести, во 2-хъ, силы давленія  $p_1$  на сѣченіе  $A$  въ сторону движенія и, въ 3-хъ, силы давленія  $p_2$  на сѣченіе  $B$  въ сторону, противоположную движенію, то эти силы произвели механическую работу. Для опредѣленія ея сначала рассмотримъ дѣйствіе силъ тяжести.

Изъ механики извѣстно, что масса  $m$  тѣла равна вѣсу  $G$  или (что все равно) силѣ тяжести, дѣленной на ускореніе  $g$ , т. е.

$$m = \frac{G}{g}$$

откуда

$$G = mg$$

т. е. сила тяжести равна массѣ, умноженной на ускореніе отъ силы тяжести. Чтобы найти работу этой силы  $G$ , надо умножить ее на пройденный путь, т. е. на величину пониженія струйки. Эта величина будетъ равна  $h_1 - h_2$ . Такимъ образомъ, работа силы тяжести выразится какъ

$$mg (h_1 - h_2)$$

Теперь перейдемъ къ рассмотрѣнію работы силъ давленія.

Если давленіе слѣва  $p_1$  будетъ положительнымъ, потому что сила дѣйствуетъ по направленію теченія, то давленіе  $p_2$ —справа должно быть отрицательнымъ, такъ какъ оно представляетъ сопротивленіе.

Давленіе на единицу площади мы обозначаемъ черезъ  $p_1$ , слѣдовательно, давленіе на всю площадь сѣченія струи слѣва будетъ  $p_1 f_1$ ; если время движенія принять равнымъ одной секундѣ, то путь, пройденный струей  $AB$ , будетъ равенъ скорости  $v_1$ ; слѣдовательно, работа силъ давленія слѣва, т. е. силъ движущихъ, будетъ

$$= p_1 f_1 v_1$$

а работа силъ сопротивленія справа

$$= - p_2 f_2 v_2$$



Итакъ, работа давленій справа и слѣва будетъ

$$p_1 f_1 v_1 + (-p_2 f_2 v_2)$$

но  $f_1 v_1$  и  $f_2 v_2$  суть нечто иное, какъ объемы, а всякій объемъ равенъ вѣсу, дѣленному на удѣльный вѣсъ, т. е.

$$V = \frac{G}{\gamma}$$

но мы уже имѣли  $G = mg$ ; слѣдовательно

$$V = \frac{mg}{\gamma}$$

итакъ,

$$f_1 v_1 = \frac{mg}{\gamma}$$

а по закону постоянства расхода (I)

$$f_1 v_1 = f_2 v_2$$

слѣдовательно и

$$f_2 v_2 = \frac{mg}{\gamma}$$

Тогда работа силъ давленія будетъ

$$p_1 \frac{mg}{\gamma} + (-p_2 \frac{mg}{\gamma})$$

или

$$\frac{mg}{\gamma} (p_1 - p_2)$$

суммарная работа всѣхъ силъ тяжести и давленія будетъ

$$mg(h_1 - h_2) + \frac{mg}{\gamma} (p_1 - p_2)$$

По законамъ механики работа силъ опредѣляется разностью живыхъ силъ конца и начала движенія, поэтому

$$mg(h_1 - h_2) + \frac{mg}{\gamma} (p_1 - p_2) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$mg(h_1 - h_2 + \frac{p_1 - p_2}{\gamma}) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

или

$$h_1 - h_2 + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + h_2 \dots \dots \dots (II)$$

Этотъ выводъ носитъ названіе *теоремы Д. Бернулли*.

Формула характеризуетъ энергію движенія жидкости. Она поясняетъ, что помимо главнаго фактора—тяжести, движеніе по-



тока обуславливается также скоростью, давлѣніемъ и положеніемъ центра тяжести надъ извѣстнымъ горизонтомъ. Затѣмъ эта формула указываетъ на то, что для всѣхъ положеній сумма членовъ  $h_1$ ,  $\frac{v^2}{2g}$  и  $\frac{p}{y}$  есть величина неизмѣнно постоянная, и если одинъ членъ этой суммы уменьшается, то другой долженъ на ту же величину увеличиться. Порознь члены уравненія не равны между собою, иначе это было бы тождество и указывало бы на равновѣсіе, т. е. на покой жидкости, но суммы членовъ правой и лѣвой стороны уравненія непремѣнно равны, иначе это противорѣчило бы закону постоянства расхода. Величина  $\frac{v^2}{2g}$  называется скоростнымъ напоромъ или скоростною высотой (потому что высота, напр., тѣла, брошеннаго вверхъ, зависитъ отъ скорости), величина  $\frac{p}{y}$  называется напоромъ пнезметрическимъ, зависящимъ отъ давленія. Если отъ центра сѣченія  $f_1$  отложимъ по вертикалу вверхъ величину  $\frac{v_1^2}{2g}$ , а дальше  $\frac{p_1}{y}$ , то получимъ какую-нибудь точку  $M_1$ ; если то же сдѣлаемъ для центра сѣченія  $f_2$ , отложивъ  $\frac{v_2^2}{2g}$  и  $\frac{p_2}{y}$ , то получимъ точку  $M_2$ ; соединивъ  $M_1$  съ  $M_2$ , получимъ линію  $M_1 M_2$ , параллельную принятому нами горизонту  $N_1 N_2$ , потому что сумма всѣхъ напоровъ, выраженная линіею  $M_1 N_1$ , должна равняться суммѣ всѣхъ напоровъ  $M_2 N_2$ . Такимъ образомъ, уравненіе Бернулли выражаетъ собою законъ сохраненія энергіи въ жидкости; именно, что во всякомъ сѣченіи потока сумма энергіи остается постоянной. Если въ сѣченіяхъ  $A$  и  $B$  помѣстить открытые концы барометрическихъ трубокъ, то подъ вліяніемъ гидравлическаго давленія вода поднимется въ нихъ до высотъ  $\frac{p_1}{y}$  и  $\frac{p_2}{y}$ . Если же помѣстить трубки, съ двухъ сторонъ открытыя (такъ наз. пнезометры), то вода поднимется на разность давленія гидравлическаго и атмосфернаго, т. е. на  $\frac{p_1}{y} - \frac{p_0}{y}$  и  $\frac{p_2}{y} - \frac{p_0}{y}$ .

гдѣ  $\frac{p_0}{y}$  есть давленіе атмосферы. Само собою понятно, что разность пнезметрическихъ давленій равна разности барометрическихъ.

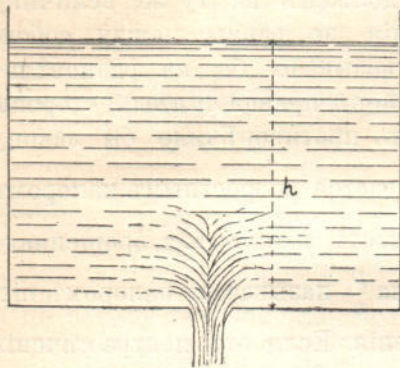
## 2. Истеченіе изъ отверстій.

### а) Истеченіе изъ отверстій въ днѣ.

Пусть въ днѣ сосуда (фиг. 5) имѣется отверстіе, при чемъ дно сдѣлано изъ тонкаго матеріала, напримѣръ, изъ листового желѣза.



Въ сосудъ налита вода и при этомъ уровень ея стаціонаренъ, т. е. по мѣрѣ вытеканія изъ отверстія въ днѣ, уровень воды пополняется постояннымъ притокомъ. Для опредѣленія величины расхода  $Q$  надо знать площадь отверстія  $F$  и скорость вытеканія  $v$ , потому что  $Q = Fv$  (I).



Фиг. 5.

Величину  $F$  мы имѣемъ возможность опредѣлить простымъ измѣреніемъ, и, такимъ образомъ, задача сводится къ опредѣленію  $v$ .

Пусть скорость воды на поверхности сосуда будетъ  $v$ , давленіе на единицу площади  $p$  и высота подъ горизонтальною плоскостію дна  $h$ , затѣмъ тѣ же факторы для отверстія въ днѣ, т. е.  $v'$ —скорость истеченія,  $p'$ —давленіе на воду и  $h'$ —высота надъ дномъ; тогда по формулѣ Бернулли (II)

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + h = \frac{v'^2}{2g} + \frac{p'}{\gamma} + h'$$

Вслѣдствіе стаціонарности уровня,  $v$  можно принять равнымъ нулю, затѣмъ  $p$  будетъ равно  $p'$ , потому что и то и другое одинаковое давленіе атмосферы, наконецъ,  $h'$  расположено на взятой нами горизонтальной плоскости и тоже равно нулю; слѣдовательно, уравненіе принимаетъ видъ

$$h = \frac{v'^2}{2g}$$

откуда  $v' = \sqrt{2gh}$  или, отбрасывая значекъ '

$$v = \sqrt{2gh}$$

Такимъ образомъ для вытекающей воды оказывается справедливымъ общій законъ скорости падающаго тѣла, опредѣленный Торричели и зависящій ни отъ какихъ другихъ условій, какъ только отъ высоты паденія  $h$ .

При этомъ  $g$  принимается равнымъ или 9,81 метр., или 4,6 саж. или 32,17 фут., или 386,2 дюйм. Слѣдовательно, расходъ черезъ отверстіе въ днѣ долженъ быть

$$Q = F \sqrt{2gh}$$

Опредѣленный по этой формулѣ расходъ будетъ теоретическимъ, дѣйствительный же объемъ вытекающей черезъ отверстіе воды будетъ всегда меньше. Происходитъ это отъ двухъ причинъ: отъ уменьшенія скорости вытекающей жидкости и отъ сжатія струи. Потеря



въ скорости происходитъ оттого, что при вытекании изъ отверстія, струйки движутся не прямолинейно, а по нѣкоторымъ кривымъ, сталкиваясь между собою и задерживаясь. Кромѣ того, скорость уменьшается вслѣдствіе тренія о стѣнки сосуда. Опытнымъ путемъ найдено, что дѣйствительная скорость составляетъ только 0,97 отъ скорости теоретической. Это величина  $\varphi = 0,97$  называется коэффициентомъ скорости. Поэтому дѣйствительная скорость будетъ

$$v = \varphi \sqrt{2gh} = 0,97 \sqrt{2gh}$$

Явленіе же сжатія струи состоитъ въ томъ, что частицы жидкости, приближаясь къ отверстію, устремляются въ него со всѣхъ сторонъ, и вслѣдствіе взаимнаго давленія пути ихъ пересѣкаются и уклоняются отъ прямолинейнаго направленія, поэтому площадь сѣченія вытекающей струи дѣлается меньше площади отверстія, при чемъ это сжатое сѣченіе получается не въ самомъ отверстіи, а на нѣкоторомъ отъ него разстояніи, приблизительно на разстояніи радіуса отверстія. Отношеніе площади сжатія къ площади отверстія называется коэффициентомъ сжатія  $\alpha$  и для разсматриваемаго случая, истечения черезъ отверстіе въ тонкомъ днѣ

$$\alpha = 0,64 F$$

Итакъ, дѣйствительный расходъ черезъ отверстіе будетъ

$$Q = 0,64 F \cdot 0,97 \sqrt{2gh}$$

Перемноживъ коэффициенты сжатія  $\alpha$  и скорости  $\varphi$ , получимъ коэффициентъ расхода  $M$ , равный

$$M = \alpha\varphi = 0,64 \times 0,97 = 0,62$$

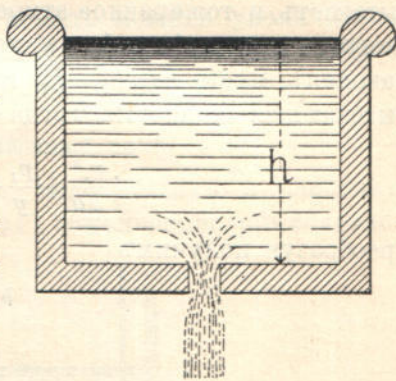
Тогда формула расхода черезъ от-

верстіе въ тонкомъ днѣ будетъ

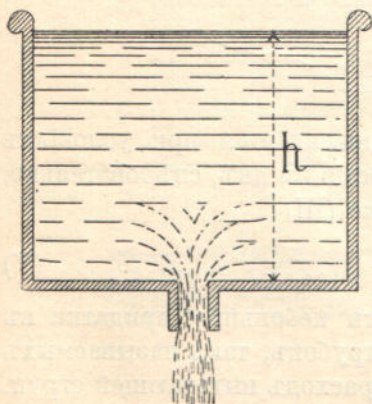
$$Q = 0,62 F \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (III)$$

Если отверстіе сдѣлано въ толстомъ днѣ (фиг. 6) или если къ этому отверстію придѣлана короткая трубка (фиг. 7), то скорость будетъ еще меньшая и коэффициентъ ея будетъ  $\varphi = 0,82$ . Слѣдовательно, расходъ черезъ такое отверстіе

$$Q = 0,53 F \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (IV)$$



Фиг. 6.

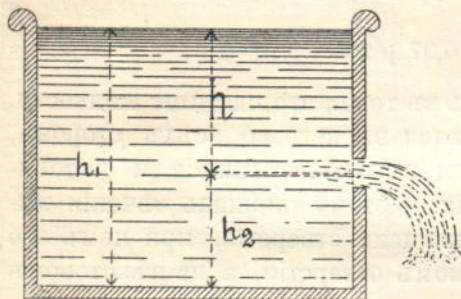


Фиг. 7.



### в) Истечение через боковое отверстие.

Предположимъ, что въ сосудѣ, наполненномъ водою, сдѣлано въ боку отверстіе (фиг. 8), при чемъ уровень воды стационаренъ, т. е. сколько ея вытекаетъ, столько же и вливается. Расходъ воды опредѣлится по основному закону (I)



Фиг. 8.

$$Q = Fv$$

Площадь отверстія  $F$  мы найдемъ непосредственнымъ измѣреніемъ, а для опредѣленія скорости  $v$  воспользуемся формулою Бернулли (II).

Пусть давленіе на поверхности жидкости, равное атмосферному, будетъ  $p_1$ , скорость тамъ же на поверхности пусть  $v_1$  и разстояніе поверхности отъ дна  $h_1$ . Затѣмъ, давленіе той среды, куда жидкость вытекаетъ, и тоже равное атмосферному, пусть будетъ  $p_2$ ;  $v_2$ —(искомая) скорость истечения и  $h_2$  разстояніе центра отверстія отъ дна сосуда; наконецъ, пусть  $h = h_1 - h_2$ , гдѣ  $h$ —напоръ, подъ которымъ находится вытекающая жидкость. Тогда по Д. Бернулли

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + h_2$$

преобразуя получимъ

$$h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

$$\frac{v^2}{2g} = h_1 - h_2$$

$$\frac{v^2}{2g} = h$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

Итакъ, изъ бокового отверстія вода выливается при условіяхъ такихъ же, какъ и при истеченіи изъ отверстія въ днѣ, слѣдовательно, и расходъ въ этомъ случаѣ будетъ тотъ же (III)

$$Q = 0,62 F \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (V)$$

Если къ боковому отверстію придѣлать небольшіе придатки въ видѣ цилиндрическихъ или коническихъ трубокъ, такъ называемыхъ насадковъ, то такіе насадки увеличиваютъ расходъ вытекающей струи. Хотя скорость при этомъ будетъ меньшею, чѣмъ безъ насадка, но

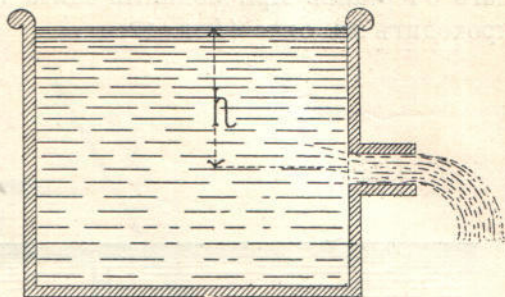


коэффициентъ сжатія — большій, и коэффициентъ расхода увеличивается до 0,82.

Такимъ образомъ при цилиндрическомъ насадкѣ (фиг. 9) расходъ будетъ

$$Q = 0,82 F \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (VI).$$

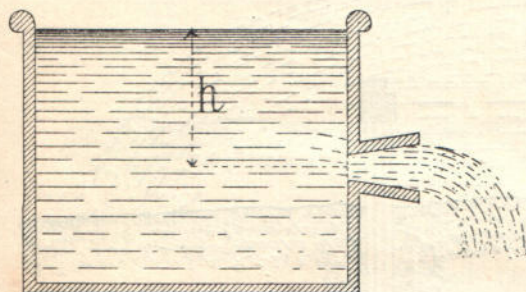
При этомъ необходимо, чтобы длина насадка была не



Фиг. 9.

меньше  $1\frac{1}{2}$  діаметра отверстія.

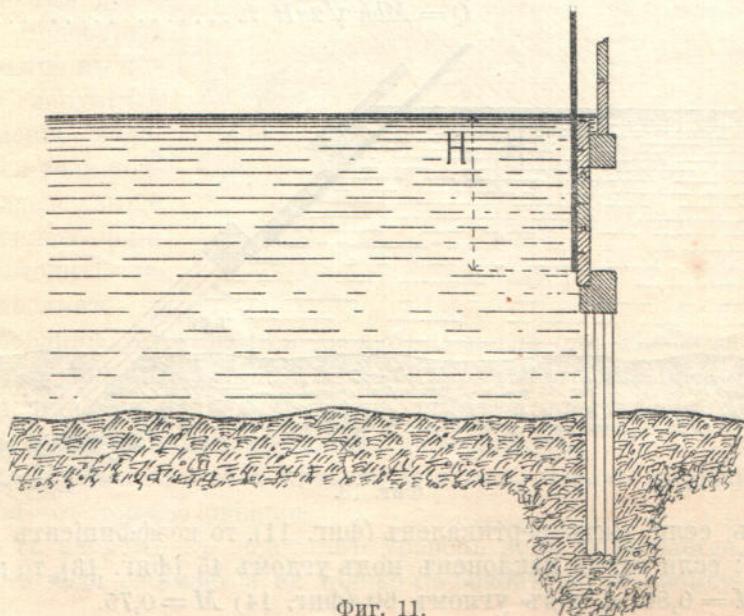
Еще большій расходъ получается при насадкѣ коническомъ (Борда), расширяющемся (фиг. 10) и имѣющемъ уголъ коничности меньшій  $7^\circ$ . Расходъ можетъ увеличиться до  $1\frac{1}{2}$  разъ больше, чѣмъ безъ насадка.



Фиг. 10.

### с) Истечение черезъ шлюзовое окно.

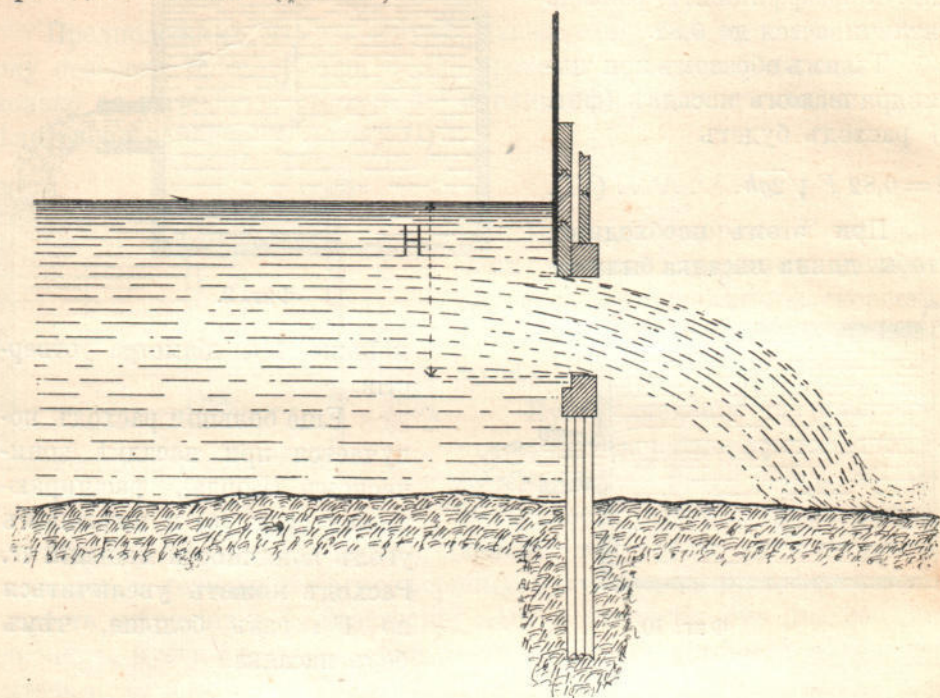
Пропускныя отверстія въ шлюзахъ, водоспускахъ и каналахъ закрываются щитовыми затворами (фиг. 11), обыкновенно прямоуголь-



Фиг. 11.



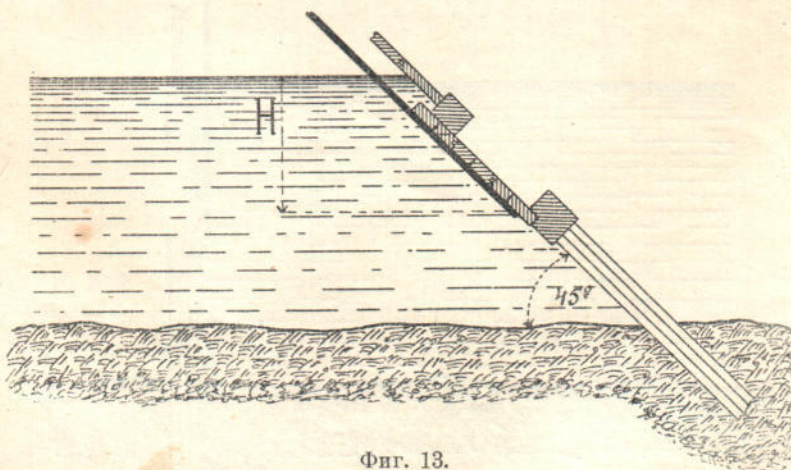
наго очертанія. При поднятіи щита тѣмъ или инымъ способомъ вода проходитъ въ окно (фиг. 12).



Фиг. 12.

Если ширина отверстія  $= b$ , высота его  $= h$  и напоръ надъ нижнимъ краемъ щита  $H$ , то дѣйствительный расходъ будетъ

$$Q = Mbh \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (V\Pi)$$

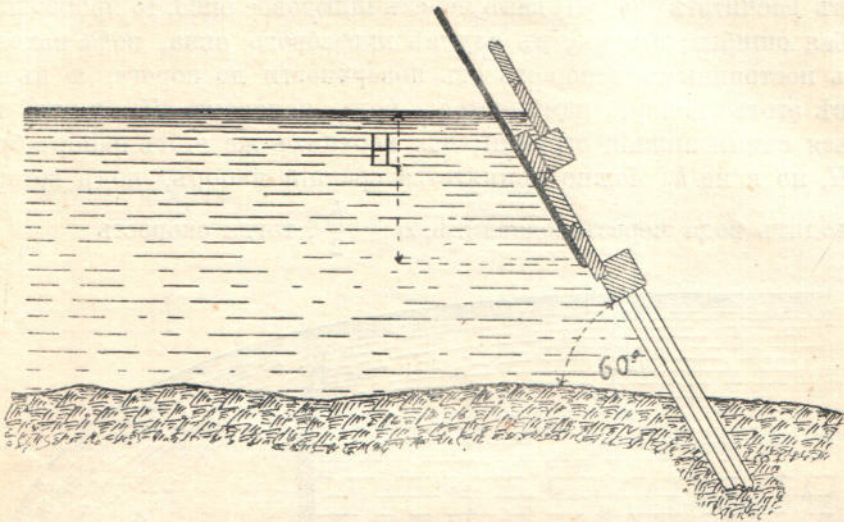


Фиг. 13.

при чемъ, если щитъ вертикаленъ (фиг. 11), то коэффициентъ расхода  $M = 0,62$ ; если щитъ наклоненъ подъ угломъ 45 (фиг. 13), то коэффициентъ  $M = 0,80$ ; а подъ угломъ 60 (фиг. 14)  $M = 0,75$ .



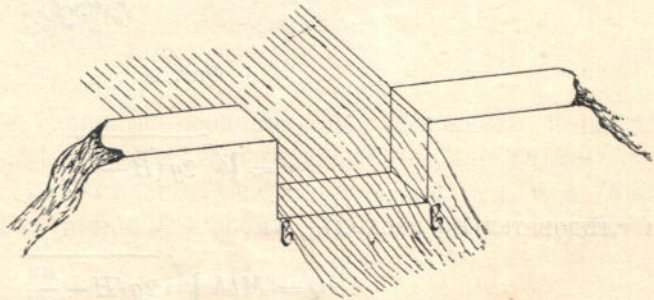
При кругломъ сѣченіи отверстія въ формулѣ (VII) вмѣсто  $bh$  надо брать площадь круга  $\frac{\pi d^2}{4}$ .



Фиг. 14.

#### д) Истечение черезъ водосливъ.

Водосливомъ называется прямоугольное отверстіе резервуара, ничѣмъ не закрывающееся и ничѣмъ не ограниченное сверху (фиг. 15). Нижнее ребро  $bb$  называется гребнемъ или порогомъ водослива. Водосливы устраиваются въ цѣляхъ не допустить переполненія водоема, и вся вода поднимающаяся выше опредѣленнаго ординара, проходитъ черезъ водосливъ.



Фиг. 15.

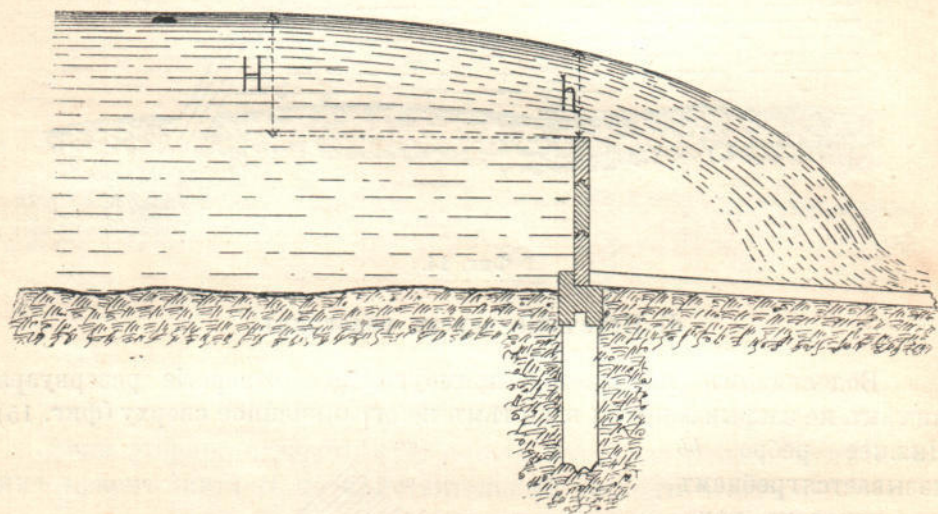
Водосливы устраиваются двояко: 1) когда они дѣлаются въ тонкой стѣнкѣ запруды (фиг. 16) и 2) когда сливная часть представляетъ изъ себя широкую болѣе или менѣе длинную поверхность (фиг. 17); это типъ обыкновенныхъ прудовыхъ водосливовъ.

Разсмотримъ процессъ прохожденія воды черезъ водосливъ перваго типа—съ тонкою стѣнкою.

Предъ входомъ въ водосливъ уровень воды понижается, т. е. въ водосливѣ вода сжимается не только съ боковъ, но и сверху, и, если



провести горизонтальную линію уровня порога, то напоръ въ водосливѣ  $h$  будетъ меньше, чѣмъ напоръ  $H$  впереди водослива, и отношеніе  $h:H$  оказывается равнымъ 0,86. Если бы истечение черезъ водосливъ рассчитать по (VII) какъ черезъ шлюзовое окно, то произошла бы грубая ошибка; именно, въ случаѣ шлюзового окна, вода находится подъ постояннымъ напоромъ отъ поверхности до порога, а въ водосливѣ этотъ напоръ измѣняется:—подъ напоромъ  $H$  будутъ находиться самыя нижнія струйки; для верхнихъ же этотъ напоръ будетъ не  $H$ , но и не  $h$ . Можно принять за средній напоръ, подъ которымъ проходитъ вода черезъ водосливъ,  $H - \frac{h}{2}$ , тогда скорость



Фиг. 16.

$$v = \sqrt{2g(H - \frac{h}{2})}$$

а слѣдовательно расходъ

$$Q = Mbh \sqrt{2g(H - \frac{h}{2})}$$

гдѣ  $b$ —ширина отверстія  $bb$  (фиг. 15).

Замѣняя  $h$  черезъ  $\frac{h}{H} = 0,86$ , имѣемъ

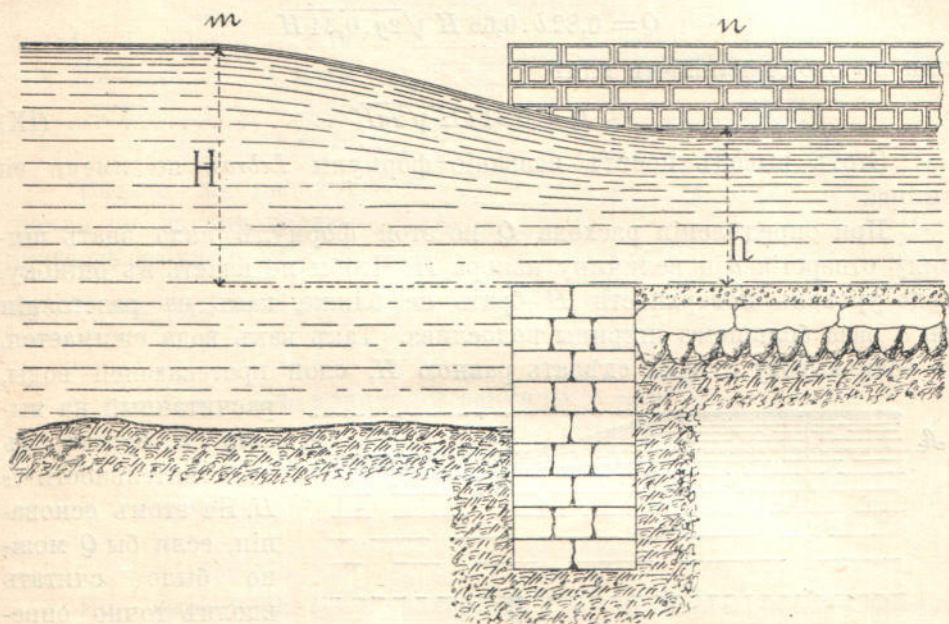
$$Q = Mb \cdot 0,86 H \sqrt{2g \frac{1,14H}{2}}$$

но по формулѣ (V)  $M = 0,62$ ; тогда расходъ черезъ водосливъ въ тонкой стѣнкѣ въ окончательномъ видѣ

$$Q = 0,4bH \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (VIII).$$



Совершенно инымъ получается расходъ черезъ водосливъ длинный, въ толстой стѣнкѣ (фиг. 17). Входящая въ него вода тоже понижаетъ свой уровень, но затѣмъ дальше она движется безъ измѣненій параллельными траекторіями, и пониженіе слоя  $H$  въ такомъ водосливѣ значительно большее, чѣмъ въ предыдущемъ, составляя  $\frac{h}{H} = 0,66$ , т. е.  $h = \frac{2}{3} H$ .



Фиг. 17.

Для опредѣленія скорости воспользуемся выводомъ Бернулли для двухъ сѣченій; для  $m$  (фиг. 17), гдѣ уровень можно считать стационарнымъ, и для  $n$ , гдѣ сѣченіе сжато; тогда, взявъ  $v$ ,  $p$  и  $H$  для точки  $m$  и  $v$ ,  $p$  и  $h$  для точки  $n$ , имѣемъ

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{y} + H = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{y} + h$$

по  $p_1 = p$ , какъ атмосферное;  $\frac{v_1^2}{2g} = 0$ , потому что по стационарности уровня можно считать  $v = 0$  и тогда

$$\frac{v^2}{2g} = H - h$$

а слѣдовательно

$$v = \sqrt{2g(H - h)}$$

по  $h = 0,66 H$ , поэтому

$$v = \sqrt{2g \cdot 0,34 H}$$



а расходъ

$$Q = Mbh \sqrt{2g \cdot 0,34 H}$$

или

$$Q = Mb \cdot 0,66 H \sqrt{2g \cdot 0,34 H}$$

Для опредѣленія  $M$  можно протеканіе по толстой стѣнкѣ разсматривать какъ истеченіе черезъ цилиндрическій насадокъ, у котораго  $M = 0,82$  (VI) и тогда

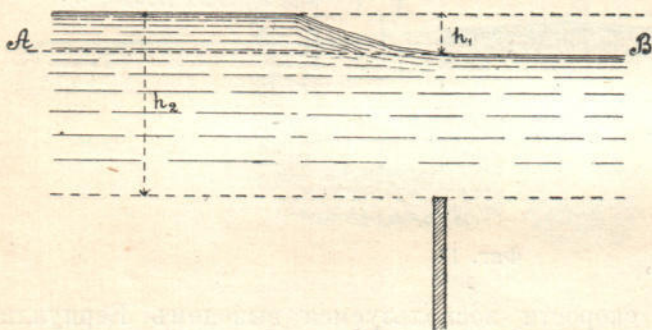
$$Q = 0,82 b \cdot 0,66 H \sqrt{2g \cdot 0,34 H}$$

или въ окончательномъ видѣ

$$Q = 0,31 b H \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (IX)$$

Этотъ выводъ носить названіе формулы *Lebros*, по имени ея автора.

При опредѣленіи расхода  $Q$  по этой формулѣ надо знать ширину отверстія  $b$  и величину напора  $H$ . Чтобы не впасть въ ошибку, надо уровень поверхности  $H$  брать не ближе, какъ на разстояніи въ 3 раза большемъ ширины водослива. Такъ какъ вода сжимается, то если высоту стѣнки сдѣлать равною  $H$ , слой протекающей воды,



Фиг. 18.

расчитанный на высоту  $H$ , будетъ въ дѣйствительности  $2/3 H$ . На этомъ основаніи, если бы  $Q$  можно было считать вполне точно опредѣленнымъ, если бы можно было ручаться, что никогда эта величина не станетъ большею, то стѣнки

водослива можно было бы сдѣлать ниже, чѣмъ  $H$ , уменьшивъ ихъ до  $2/3 H$ ; но такъ какъ этой увѣренности быть не можетъ, то никогда высота водослива не дѣлается меньше высоты напора  $H$ .

Разсмотрѣнный водосливъ называется *полнымъ* или *совершеннымъ*; если же порогъ лежитъ ниже уровня проходящихъ водъ (фиг. 18), то такой водосливъ называется *несовершеннымъ* или *неполнымъ*. Для опредѣленія расхода воды черезъ послѣдній можно руководствоваться слѣдующими соображеніями.

Если провести горизонтъ  $AB$ , то часть выше его, можно считать какъ совершенный водосливъ съ напоромъ  $= h_1$ , а ниже, какъ отверстіе въ боковой стѣнкѣ съ напоромъ  $= h_2$ . Если ширина водослива  $= b$ , то расходъ верхней части будетъ  $Q_1 = 0,4 b h_1 \sqrt{2g h_1}$ , а нижней  $Q_2 = 0,62 b (h_2 - h_1) \sqrt{2g h_2}$ ; весь же расходъ будетъ  $Q = Q_1 + Q_2$ .

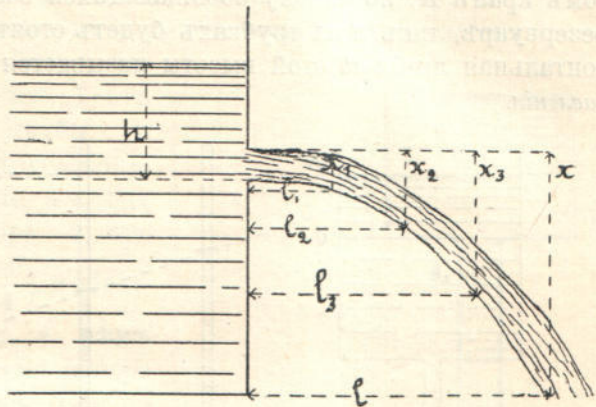


## е) Паденіе струи.

Для опредѣленія разстоянія  $l$ , куда упадетъ вытекающая струя, разсуждаемъ такъ. Частица воды, при выходѣ изъ отверстія и при паденіи движется равно-  
мѣрно ускоренно, (фиг. 19), перемѣщаясь по параболѣ и

послѣ 1-й секунды  $l_1 = 1v$   
 » 2-й »  $l_2 = 2v$   
 » 3-й »  $l_3 = 3v$   
 »  $t$  »  $l = tv$

Высота же паденія капли по закону падающаго тѣла будетъ къ концу 1-й секунды  $x_1 = 1^2 \frac{g}{2}$



Фиг. 19.

къ концу 2-й секунды  $x_2 = 2^2 \frac{g}{2}$

» 3-й »  $x_3 = 3^2 \frac{g}{2}$

»  $t$  »  $x = t^2 \frac{g}{2}$

Изъ выраженія  $l = tv$  находимъ  $t = \frac{l}{v}$  и тогда, подставляя въ  $x = t^2 \frac{g}{2}$ , имѣемъ

$$x = \frac{l^2}{v^2} \cdot \frac{g}{2}; \quad x = l^2 \frac{g}{2v^2}$$

$$\text{и } v = l \sqrt{\frac{g}{2x}}; \text{ но } v = \sqrt{2gh}$$

слѣдовательно

$$\sqrt{2gh} = l \sqrt{\frac{g}{2x}}$$

откуда

$$l^2 = 4hx$$

и такимъ образомъ

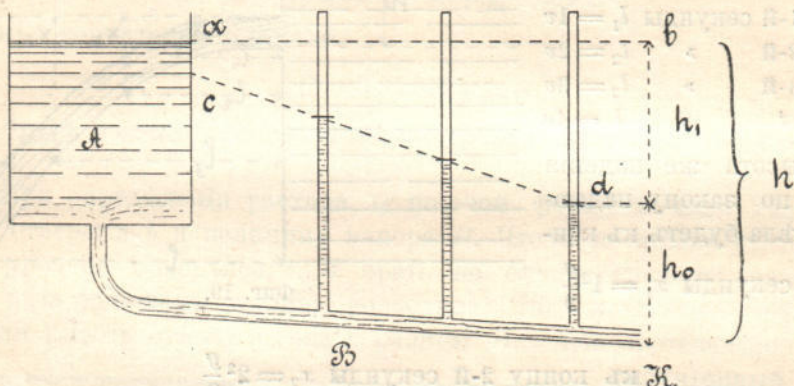
$$l = 2 \sqrt{hx} \dots\dots\dots (X)$$

т. е. горизонтальное разстояніе отъ стѣнки до точки паденія струи равно удвоенному корню квадратному изъ произведенія толщины струи (высота напора) на высоту паденія.



### 3. Движеніе воды въ трубахъ.

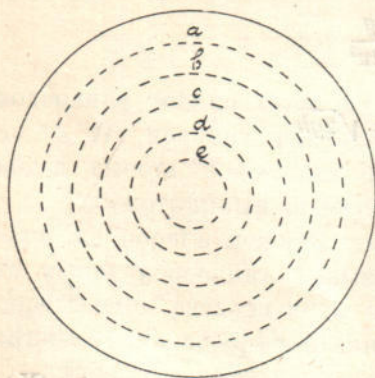
Если изъ резервуара *A* (фиг. 20) пропустить воду по трубѣ *B* и поставить на ней нѣсколько пьезометрическихъ трубокъ, то при закрытомъ кранѣ *K*, по закону сообщающихся сосудовъ, уровень, какъ въ резервуарѣ, такъ и въ трубкахъ будетъ стоять на одной высотѣ. Горизонтальная линія *ab* этой высоты называется линіею *гидростатическаго* давленія.



Фиг. 20.

Если же кранъ открыть и сообщить водѣ въ трубѣ *B* движеніе, то уровень въ пьезометрахъ опустится и станетъ тѣмъ ниже, чѣмъ на большей длинѣ трубы пьезометръ установленъ. Образующаяся такимъ пониженіемъ наклонная прямая *cd* называется линіею *гидравлическаго* напора. Разность между гидростатическимъ напоромъ  $h$  и гидравлическимъ  $h_1$ , равная  $h - h_1 = h_0$ , называется потеряннмъ напоромъ. Потеря

напора, иначе ослабленіе энергіи, объясняется тѣмъ, что при движеніи по трубѣ, водѣ приходится преодолевать гидравлическія сопротивленія, вызываемыя треніемъ воды о стѣнки и ударами на изгибахъ и поворотахъ струи. Вслѣдствіе тренія скорость частицъ воды въ одномъ и томъ же поперечномъ сѣченіи будетъ неодинакова; именно, частицы *a* (фиг. 21), непосредственно соприкасающіяся со стѣнками, будутъ двигаться наиболѣе медленно, частицы, слѣдующія за ними *b*, вслѣдствіе прилипанія къ первымъ, двигаются скорѣе первыхъ, но медленнѣе слѣдующихъ *c*, эти—медленнѣе частицъ *d*, и наибольшую скорость будутъ имѣть струйки въ центрѣ *e*. Для расчета движенія



Фиг. 21.

напруги вѣдущей линіи отъ центра до стѣнки

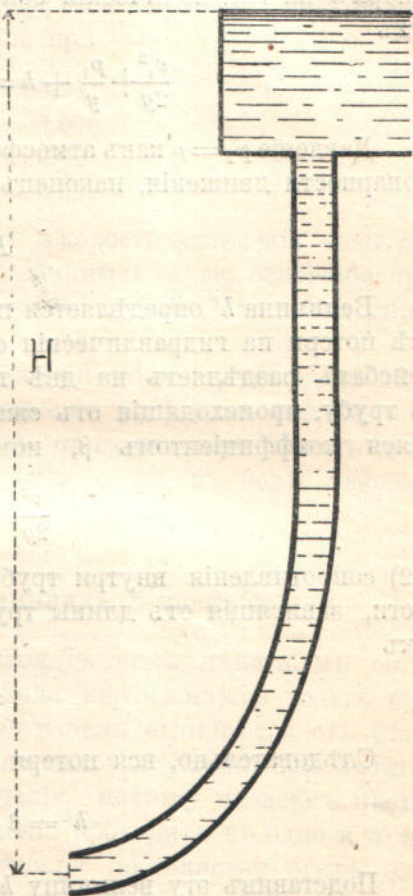


въ трубѣ эти измѣненія скоростей одного сѣченія въ соображеніе не принимаются, и принято считать, что скорость протекающей воды черезъ извѣстное сѣченіе въ каждой точкѣ его одинакова, хотя она и не равна скорости по формулѣ Торричели, т. е. не такова, какъ  $v = \sqrt{2gH}$ , а непремѣнно меньше; именно, благодаря тому, что часть напора  $H$  ослабляется, теряясь на гидравлическія сопротивленія.

Опытнымъ путемъ найдено, что величина этой потери зависитъ: 1) отъ длины окружности ( $\pi d$ ) трубы, и чѣмъ поверхность внутри трубы больше, тѣмъ больше и треніе, а слѣд., тѣмъ больше потеря напора, 2) отъ площади сѣченія трубы ( $\frac{\pi d^2}{4}$ ), и обратно ей пропорціональна, т. е. чѣмъ площадь больше, тѣмъ потеря напора меньше; 3) отъ длины трубы ( $l$ ) и ей пропорціональна, затѣмъ 4) потеря возрастаетъ (приблизительно) прямопропорціонально квадрату скорости движенія воды ( $v^2$ ) и 5) зависитъ отъ матеріала трубы ( $k$ ), и въ новыхъ трубахъ эта потеря меньше, чѣмъ въ старыхъ.

Сопротивленіе движенію можетъ быть преодолено увеличеніемъ наклона трубы, или, что все равно, увеличеніемъ напора. Слѣд., для того, чтобы вода двигалась съ большою скоростью въ длинной и узкой трубѣ, нуженъ большій ея наклонъ или большій напоръ; если же большого наклона дать трубѣ нельзя, то нужно брать большій діаметръ, и приходится въ такомъ случаѣ довольствоваться уже небольшою скоростью теченія.

Для опредѣленія скорости истеченія и величины расхода пользуемся теоремой Бернулли, обозначая черезъ  $v_1$  скорость на поверхности резервуара (фиг. 22),  $p_1$  давленіе атмосферы и  $H$ —напоръ, т. е. вертикальное разстояніе отъ поверхности воды въ резервуарѣ до центра выходнаго отверстія трубы; далѣе—черезъ  $v$ —скорость истеченія въ этомъ отверстіи,  $p$ —давленіе здѣсь атмосферы и черезъ  $h$ —разстояніе центра выходнаго отверстія надъ горизонтальной линіей, черезъ этотъ центръ проходящей. Тогда



Фиг. 22.



$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{y} + h_1 = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{y} + h$$

Такъ какъ при движеніи по трубѣ часть напора теряется, то сумма трехъ членовъ второй части уравненія будетъ меньше такой же суммы въ первой части, поэтому, чтобы уравненіе сдѣлать вѣрнымъ, надо ко второй его части прибавить величину потеряннаго напора  $h'$  на гидравлическія сопротивленія, и тогда формула приметъ видъ

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{y} + h = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{y} + h + h'$$

Давленіе  $p_1 = p$  какъ атмосферное, скорость  $v_1 = 0$  вслѣдствіе стаціонарности движенія, наконецъ  $h = 0$  и тогда, по сокращенію имѣемъ

$$H = \frac{v^2}{2g} + h'$$

Величина  $h'$  опредѣляется по выводамъ, сдѣланнымъ Вейсбахомъ. Всѣ потери на гидравлическія сопротивленія при движеніи по трубѣ Вейсбахъ раздѣляетъ на двѣ группы: 1)—сопротивленія при входѣ въ трубу, происходящія отъ сжатія и измѣненія скорости, выражающіяся коэффициентомъ  $\beta$ , помноженнымъ на скоростной напоръ

$$\frac{v^2}{2g}, \text{ т. е. } \beta \frac{v^2}{2g}$$

и 2) сопротивленія внутри трубы на треніе и на измѣненіе въ скорости, зависящія отъ длины трубы  $l$  и ея діаметра и выражающіяся какъ

$$\alpha \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{d}$$

Слѣдовательно, вся потеря напора

$$h' = \beta \frac{v^2}{2g} + \alpha \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{d}$$

Подставивъ эту величину  $h'$  въ предыдущее выраженіе, имѣеть

$$H = \frac{v^2}{2g} + \left( \beta \frac{v^2}{2g} + \alpha \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{d} \right)$$

или

$$H = (1 + \beta + \alpha \frac{l}{d}) \frac{v^2}{2g}$$

откуда

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1 + \beta + \alpha \frac{l}{d}}}$$

а секундная скорость вытекающей изъ трубы воды будетъ



$$Q = Fv = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \beta + \alpha \frac{l}{d}}} \dots \dots \dots (XI)$$

Коэффициентъ  $\beta$  принимается въ среднемъ равнымъ 0,505; но его можно уменьшить до 0,08, придавъ приѣмной (начальной) части трубы воронкообразный видъ, а при длинномъ трубопроводѣ этимъ коэффициентомъ можно пренебречь. Коэффициентъ же  $\alpha$  уменьшается съ увеличеніемъ скорости теченія; такъ, при

$$v = 1 \text{ футу } \alpha = 0,031$$

$$v = 2 \quad \text{»} \quad \alpha = 0,026$$

$$v = 3 \quad \text{»} \quad \alpha = 0,024$$

$$v = 5 \quad \text{»} \quad \alpha = 0,022$$

Въ обыкновенныхъ водопроводахъ скорость движенія воды допускается въ 3 фута, и эту величину принимаютъ за основаніе при исчисленіи количества воды, доставляемой трубами, это очень упрощаетъ формулу (XI).

Слишкомъ большая скорость движенія воды производитъ при запираніи крановъ большіе гидравлическіе удары на стѣнки, отъ чего труба можетъ лопнуть. Напротивъ, при слишкомъ тихомъ теченіи на стѣнкахъ трубы осаждаются взвѣшенные въ водѣ твердыя вещества.

#### 4. Движеніе воды въ каналахъ и рѣкахъ.

Такъ какъ движеніе воды происходитъ подѣ дѣйствіемъ силы тяжести, что въ каналахъ и рѣкахъ вода перемѣщается только при наличности уклона дна. Искусственные каналы отличаются отъ рѣкъ тѣмъ, что на протяженіи одного какого-нибудь уклона они имѣютъ одинаковую профиль поперечнаго сѣченія, поэтому на всемъ протяженіи этого уклона черезъ каждое сѣченіе проходитъ въ одно и то же время одинаковый объемъ воды. Благодаря постоянству этихъ элементовъ движенія, опредѣленіе расхода въ каналахъ менѣе сложно и болѣе точно, чѣмъ въ рѣкахъ, но приемы этого опредѣленія въ нихъ одинаковы.

Такъ какъ по закону постоянства расхода (I)

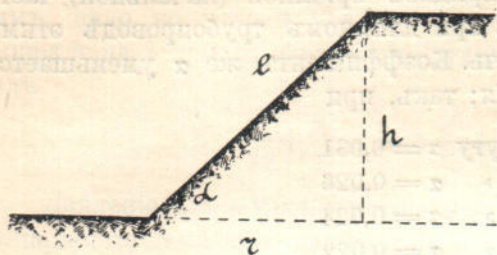
$$Q = Fv$$

то вся задача сводится къ нахожденію площади поперечнаго сѣченія рѣки или канала  $F$  и къ опредѣленію скорости теченія  $v$ .

Стѣнкамъ канала, вырытаго въ землѣ, придаютъ наклонъ тѣмъ болѣе, чѣмъ слабѣе грунтъ и чѣмъ легче онъ осыпается. Этотъ наклонъ называется откосомъ  $l$  (фиг. 23); перпендикуляръ  $h$ —высота откоса;  $r$ —его заложеніе; уголъ  $\alpha$ —называется угломъ естественнаго



откоса, и величина его измѣняется, въ зависимости отъ сдѣплений частицъ грунта и тренія ихъ другъ о друга. Крутизна откоса выражается еще отношеніемъ длины заложенія къ его высотѣ  $\frac{r}{h} = \operatorname{ctg} \alpha$  и



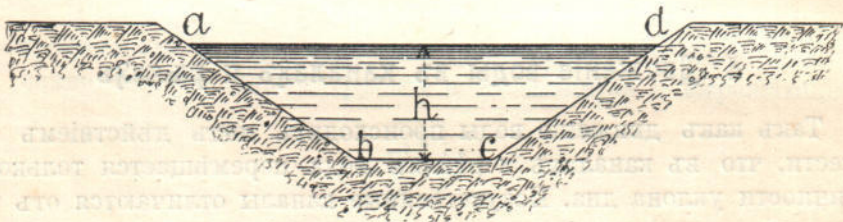
Фиг. 23.

въ зависимости отъ этого отношенія, принимая  $h = 1$ , откосъ можетъ быть половиннымъ ( $\frac{1}{2}:1$ ), если  $r = \frac{1}{2}$ , одинарнымъ ( $1:1$ ), когда  $r = h$ ; полуторнымъ ( $1\frac{1}{2}:1$ ) при  $r = 1\frac{1}{2}$ ; двойнымъ ( $2:1$ ); тройнымъ ( $3:1$ ) и т. д.

Поперечный разрѣзъ потока, сдѣланный перпендикулярно къ направленію теченія, называется *живымъ сѣченіемъ*. Такъ, живымъ сѣченіемъ трапецидальнаго канала будетъ трапеція  $abcd$  (фиг. 24), занятая водою.

Обозначивъ площадь живого сѣченія черезъ  $F$ , имѣемъ

$$F = \frac{ad + bc}{2} h$$



Фиг. 24.

Сумма линий  $ab + bc + cd = p$  называется *смоченнымъ* или *подводнымъ периметромъ*. Слѣдовательно, въ каналѣ смоченный периметръ составляется изъ дна и боковъ до тѣхъ ихъ точекъ ( $a$  и  $d$ ), куда доходитъ уровень воды  $h$ , но не выше. Въ трубахъ же подводный периметръ равенъ окружности сѣченія  $\pi d$ . Если площадь живого сѣченія  $F$  раздѣлить на смоченный периметръ  $p$ , то частное будетъ называться *подводнымъ* или *гидравлическимъ радиусомъ*  $R$ . Слѣдовательно,

$$R = \frac{F}{p}$$

Для трубъ гидравлическій радиусъ опредѣляется весьма просто,

$$R = \frac{\pi d^2}{4} : \pi d = \frac{r}{2}$$



т. е. гидравлическій радіусъ равенъ половинѣ радіуса трубы. Въ сѣченіяхъ прямоугольнаго очертанія  $R$  зависитъ какъ отъ ширины, такъ и отъ глубины, и, напр., у тѣхъ прямоугольниковъ, гдѣ ширина вдвое больше глубины,  $R$  равенъ половинѣ глубины. Что касается канавъ трапецидальнаго профиля, то для вычисленія  $R$  недостаточно свѣдѣній одной только элементарной алгебры; графически же способъ нахождения  $R$  не точенъ, поэтому для  $R$  надо придерживаться опредѣленной его зависимости отъ  $F$ ; такъ при, одинарныхъ откосахъ  $R = 0,370 \sqrt{F}$ , при полуторныхъ  $R = 0,345 \sqrt{F}$ ; при двойныхъ  $R = 0,318 \sqrt{F}$ ; вообще при этихъ откосахъ можно считать (приблизительно)  $R$  въ половину  $h$ , такъ что при  $h=1$  саж.,  $R=0,5$ ; при  $h=0,5$  саж.,  $R=0,25$  и т. д.

При опредѣленіи расхода  $Q$  въ рѣкѣ или каналѣ живое сѣченіе  $F$  надо брать перпендикулярно къ направленію струй, но, вслѣдствіе малаго уклона поверхности воды въ рѣкѣ, живое сѣченіе опредѣляется вертикальною плоскостію, перпендикулярною къ направленію теченія.

Скорость въ рѣкахъ и каналахъ находится измѣреніемъ посредствомъ приборовъ или вычисленіемъ по эмпирическимъ формуламъ.

(Опредѣленіе скорости и живого сѣченія см. 7 «Гидрометрія»).

Пропускная способность рѣки и канавы зависитъ отъ площади живого сѣченія и отъ скорости воды, а эта послѣдняя зависитъ между прочимъ отъ гидравлическаго радіуса. Могутъ быть два сѣченія одинаковой площади, но разныхъ гидравлическихъ радіусовъ и, слѣд., скорость воды въ нихъ будетъ различна. Такъ, площадь прямоугольнаго профиля при живомъ сѣченіи  $F=24$  можетъ имѣть подводный периметръ  $p=4+4+6=14$ , но онъ же можетъ быть и  $12+12+2=26$ , въ первомъ случаѣ гидравлическій радіусъ  $R$  будетъ 1,71, а во второмъ онъ 0,92.

Наиболѣе выгодною формою живого сѣченія для канавъ является та, которая при одномъ и томъ же расходѣ воды  $Q$  требуетъ меньшаго количества земляныхъ работъ, т. е. съ наименьшею величиною подводнаго периметра, а такъ какъ гидравлическій радіусъ  $R$  равенъ площади живого сѣченія  $F$ , дѣленной на подводный периметръ  $p$

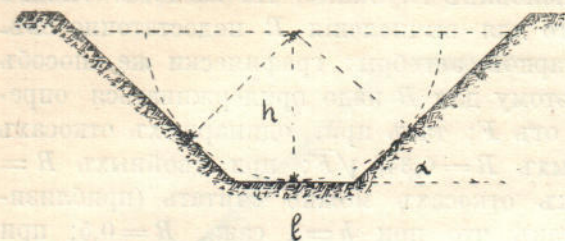
$$R = \frac{F}{p}$$

и такъ какъ  $p$  уменьшается съ увеличеніемъ  $R$ , то слѣдовательно, чѣмъ больше  $R$ , тѣмъ эта форма канала выгоднѣе.

Остается найти такую форму сѣченія, которая при одной и той же площади имѣла бы наименьшій смоченный периметръ. Къ этому условію ближе всѣхъ подходитъ кругъ и вообще правильныя формы: полукругъ, квадратъ, а изъ прямоугольниковъ тотъ, у котораго ширина вдвое больше глубины.



Круглое сѣченіе дается трубамъ, полукруглое — каменнымъ (мощнымъ) и бетоннымъ лоткамъ, прямоугольное — лоткамъ деревяннымъ; землянымъ же каналамъ дается обыкновенно трапецидальный



Фиг. 25.

профиль. Въ этомъ профиль для каждого угла наклона откоса  $\alpha$  (фиг. 25) имѣется наивыгоднѣйшее отношеніе глубины  $h$  къ ширинѣ по дну  $b$ , именно:

$$\frac{2h}{b} = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$$

Измѣняя величину  $\alpha$ , можно получить значеніе  $h$  и  $b$  для различныхъ откосовъ.

Вопросъ этотъ рѣшается на основаніи «теоріи наибольшихъ и наименьшихъ».

Для удобства расчетовъ ниже приводится таблица съ вычисленными элементами сѣченій при площади  $F=1$ .

## ТА Б Л И Ц А

элементовъ канавъ съ площадью сѣченія  $F=1$ .

О Т К О С Ъ.	Глубина.	Ш и р и н а.		Подводный периметръ $p$	Гидравличе- скій радіусъ $R$
		По дну.	По верху.		
Нулевой (1:0). . . . .	0,707	1,414	1,414	2,828	0,353
Половинный (1:1/2) . . . .	0,579	0,938	1,696	2,634	0,380
Одинарный (1:1) . . . . .	0,740	0,613	2,092	2,704	0,370
Полуторный (1:1 1/2) . . . .	0,689	0,417	2,485	2,900	0,345
Двойной (1:2) . . . . .	0,636	0,300	2,844	3,144	0,318

Такъ какъ цифры этой таблички даны для сѣченій, площадью въ единицу, то, чтобы получить элементы для всякой другой площади  $F'$  надо произвести умноженіе цифры на  $\sqrt{F'}$ ; такъ, напр., если площадь сѣченія канавы должна быть 144 кв. дюйма, тогда  $\sqrt{F'} = \sqrt{144} = 12$ ; глубина такой канавы съ полуторными откосами  $= 0,689 \times 12 = 8,268$  или около  $8\frac{1}{4}$  дюйм.; ширина по дну  $0,417 \times 12 = 5,004 = 5$  дюйм.

Скорость потока, какъ уже объ этомъ говорилось раньше, въ различныхъ точкахъ взятаго живого сѣченія не одинакова. Начиная



отъ середины потока, скорость по мѣрѣ приближенія къ руслу, т. е. къ дну и къ берегамъ, постепенно уменьшается.

Въ небольшихъ рѣкахъ и каналахъ, въ особенности неглубокихъ, струя съ наибольшею скоростью находится на серединѣ ширины и, вслѣдствіе сопротивленія воздуха, немного ниже поверхности; при чемъ при вѣтрѣ попутномъ эта струя приближается къ поверхности потока, а при вѣтрѣ противномъ — отклоняется къ дну. На рѣкахъ съ неправильнымъ поперечнымъ профилемъ струя съ наибольшею скоростью располагается посерединѣ фарватера (самого глубокаго мѣста).

Для опредѣленія расхода  $Q$  принимаютъ въ расчетъ среднюю скорость, т. е. такую величину ея, которую можно было бы считать одинаковою для всѣхъ точекъ взятаго живого сѣченія.

Скорость опредѣляется приборами (см. «Гидрометрія»), и нахождение средней скорости  $v$  получается или измѣреніемъ скоростей ряда струй и среднимъ ихъ ариѳметическимъ или же эмпирическими формулами. Къ числу формулъ, дающихъ близкій къ дѣйствительности результатъ, относится формула Прони

$$v = V \frac{2,372 + V}{3,153 + V} \text{ въ метрахъ} \dots\dots\dots \text{(XII)}$$

Здѣсь  $v$  — искомая скорость, а  $V$  — измѣренная приборомъ наибольшая. По этой формулѣ средняя скорость  $v$  равна около 0,8 отъ скорости наибольшей.

Если же измѣрена не наибольшая скорость  $V$ , а скорость на поверхности  $u$ , то для нахождения средней можно пользоваться формулою Вейсбаха

$$v = 0,84 u \dots\dots\dots \text{(XIII)}$$

при чемъ  $u$  должно быть скоростью на поверхности, но наибольшею.

*Основная формула*, выражающая среднюю скорость воды въ рѣкѣ, есть *формула Чези*. Выводится формула такъ:

Предположимъ, что въ какомъ-нибудь потокѣ съ живымъ сѣченіемъ  $F$  выдѣленъ объемъ воды  $W = Ft$ , который въ единицу времени перемѣстился по уклону, понизившись на какую-нибудь величину  $h$ . Всѣ этого объема  $W = G$  будетъ  $Gy$ , гдѣ  $y$  всѣ единицы воды. Этотъ  $Fty$  (объемъ  $W$ ), перемѣщаясь на величину  $h$ , произвелъ работу  $= Gh$  или иначе

$$Gh = Ftyh$$

Такъ какъ при движеніи воды скорость не возрастаетъ, а остается равномерною, то, слѣд., вся работа  $Gh$  затрачивается на треніе  $M$  о стѣнки русла, т. е.

$$Gh = M$$

Но треніе пропорціонально смоченному периметру  $p$ , длинѣ  $l$  и квадрату скорости  $v$ , т. е.



$$M = plv^2$$

кромѣ того, треніе еще зависить отъ коэффиціента тренія  $\alpha$  и коэффиціента скорости  $\beta$ ; итакъ

$$M = plv^2\alpha\beta$$

но

$$M = Gh = Ftyh$$

слѣд.

$$Ftyh = plv^2\alpha\beta$$

откуда

$$v^2 = \frac{Ftyh}{pl\alpha\beta}$$

или

$$v = \sqrt{\frac{y}{\alpha\beta}} \sqrt{\frac{F}{p}} \sqrt{\frac{h}{l}}$$

но  $\frac{F}{p} = R$ ; а  $\frac{h}{l} =$  уклону  $i$ , слѣдовательно

$$v = \sqrt{\frac{y}{\alpha\beta}} \sqrt{Ri}$$

Выраженіе  $\sqrt{\frac{y}{\alpha\beta}}$  называется скоростнымъ коэффиціентомъ; обозначивъ его черезъ  $c$ , имѣемъ

$$v = c \sqrt{Ri} \dots \dots \dots (XIV)$$

Это и есть формула Чези, наиболѣе важная формула движенія воды въ рѣкахъ и каналахъ.

Для опредѣленія коэффиціента  $c$  предложено нѣсколько формулъ, изъ нихъ наиболѣе распространена формула Гангюилье и Куттера

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1 + (23 + \frac{0,00155}{i}) \frac{n}{R}} \dots \dots \dots (XV)$$

въ метрахъ.

$$c = \frac{15,73 + \frac{0,684}{n} + \frac{0,00095}{i}}{1 + (15,73 + \frac{0,00095}{i}) \frac{n}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (XVI)$$

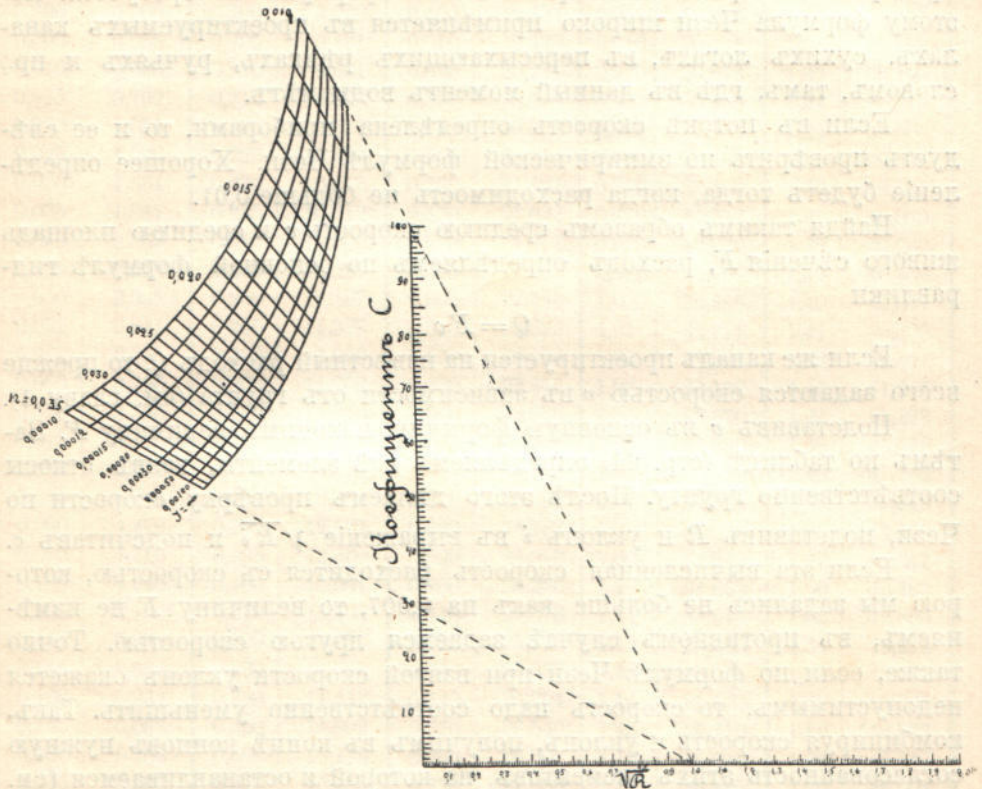
въ саженьяхъ.

Коэффиціентъ  $n$ , зависящій отъ степени шероховатости дна и стѣнокъ, имѣеть слѣдующее значеніе для всякой мѣры:

- a) Канавы въ деревянной обдѣлкѣ . . . . . 0,012
- b) » въ каменной кладкѣ . . . . . 0,014
- c) Лотки мощные . . . . . 0,020
- d) Каналы въ чистомъ земляномъ грунтѣ . . . . . 0,025
- e) Каналы старые и рѣки заросшія . . . . . 0,030
- f) Сильно засоренныя и заросшія рѣки . . . . . 0,035



Скоростный коэффициент  $c$  въ метрической мѣрѣ можетъ быть опредѣленъ по графику (фиг. 26). Для нахождения  $c$  отыскиваютъ на горизонтальной линіи точку, соответствующую данному  $\sqrt{R}$ , а затѣмъ точку на кривыхъ, гдѣ данный уклонъ  $i$  пересѣкается съ величиною коэффициента  $n$ ; потомъ эту точку соединяютъ съ точкою  $\sqrt{R}$ , и пересѣченіе этой линіи на вертикальной прямой дастъ искомую величину  $c$ . Такъ, напр., если  $\sqrt{R} = 0,75$ ,  $i = 0,0003$  и  $n = 0,025$ , то  $c = 35$ .



Фиг. 26.

При уклонахъ въ 0,001 и болѣе величина его на коэффициентъ  $c$  уже не влияетъ, и формула значительно упрощается, обращаясь для саженой мѣры въ

$$c = \frac{15,73 + \frac{0,684}{n}}{1 + \frac{15,73}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (XV)$$

Слѣдуетъ замѣтить, однако, что опредѣленіе  $c$  по полной формулѣ Гангюилье и Куттера даетъ нѣсколько преувеличенный результатъ, поэтому для практическихъ цѣлей употребляется упрощенная формула, тоже Гангюилье и Куттера



$$c = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \dots\dots\dots (XVI) \text{ (въ метрахъ)}$$

гдѣ  $m$ —коэффициентъ шероховатости, равный для земляныхъ руселъ 2,00 и 2,50.

Для вычисленія средней скорости по формулѣ Чези необходимо знать только уклонъ поверхности воды и средній гидравлическій радіусъ потока; никакихъ другихъ опредѣленій, никакихъ измѣреній скорости приборами для рѣшенія вопроса по этой формулѣ не требуется. Поэтому формула Чези широко примѣняется въ проектируемыхъ каналахъ, сухихъ логахъ, въ пересыхающихъ рѣчкахъ, ручьяхъ и пр., словомъ, тамъ, гдѣ въ данный моментъ воды нѣтъ.

Если въ потокѣ скорость опредѣлена приборами, то и ее слѣдуетъ провѣрить по эмпирической формулѣ Чези. Хорошее опредѣленіе будетъ тогда, когда расходимость не больше 0,01.

Найдя такимъ образомъ среднюю скорость  $v$  и среднюю площадь живого сѣченія  $F$ , расходъ опредѣляемъ по основной формулѣ гидравлики

$$Q = Fv$$

Если же каналъ проектируется на извѣстный расходъ  $Q$ , то прежде всего задаются скоростью  $v$  въ зависимости отъ грунта (см. главу 1).

Подставивъ  $v$  въ основную формулу, находимъ величину  $F$ . Затѣмъ по таблицѣ (стр. 24) опредѣляемъ всѣ элементы, взявъ откосы соотвѣтственно грунту. Послѣ этого дѣлаемъ провѣрку скорости по Чези, подставивъ  $R$  и уклонъ  $i$  въ выраженіе  $\sqrt{Ri}$  и подсчитавъ  $c$ .

Если эта вычисленная скорость расходится съ скоростью, которою мы задались не больше какъ на 0,007, то величину  $F$  не измѣняемъ, въ противномъ случаѣ задаемся другою скоростью. Точно также, если по формулѣ Чези при взятой скорости уклонъ окажется недопустимымъ, то скорость надо соотвѣтственно уменьшить. Такъ, комбинируя скорость и уклонъ, получимъ въ концѣ концовъ нужную согласованность этихъ элементовъ, на которой и останавливаемся (см. приложение въ концѣ книги).

Кромѣ формулы Чези для опредѣленія  $v$ , имѣется еще эмпирическая формула Дарси Базена

$$v = c \sqrt{i} \dots\dots\dots (XVII)$$

гдѣ

$$c = \frac{R}{\sqrt{\alpha + \beta + R}}$$

коэффициенты для земляного русла въ саженныхъ мѣрахъ таковы:  $\alpha = 0,000597$  и  $\beta = 0,00035$ .

Такъ какъ величина этихъ коэффициентовъ постоянна и  $C$  мѣняется въ зависимости отъ измѣненія  $R$ , то по нижепомѣщаемой таблицѣ сразу опредѣляется  $C$  по  $R$ .



Т А Б Л И Ц А

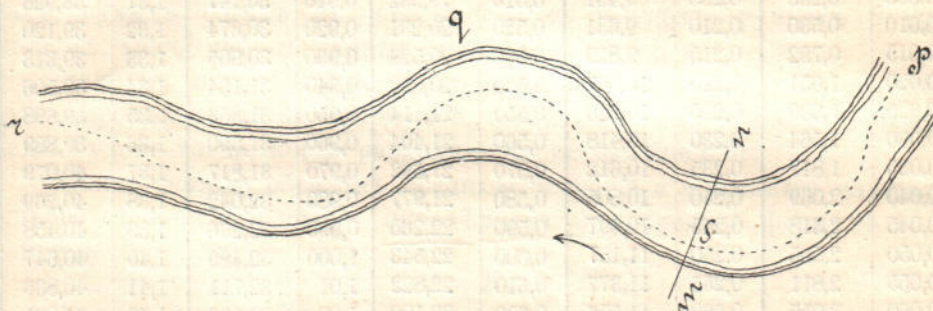
величинъ, коэффициента  $C$ , въ формулѣ Дарси Базена  $u = c \sqrt{i}$ , гдѣ

$$C = \frac{R}{\sqrt{\alpha \times R + \beta}} \quad \begin{matrix} \alpha = 0,00059738 \\ \beta = 0,00035 \end{matrix} \quad \text{для саженныхъ мѣръ при земляномъ руслѣ.}$$

$R$	$C$	$R$	$C$	$R$	$C$	$R$	$C$	$R$	$C$
0,000	0,000	0,200	9,230	0,500	19,631	0,900	30,208	1,30	38,731
0,005	0,266	0,205	9,431	0,510	19,932	0,910	30,141	1,31	38,926
0,010	0,530	0,210	9,631	0,520	20,231	0,920	30,674	1,32	39,120
0,015	0,792	0,215	9,829	0,530	20,528	0,930	30,905	1,33	39,313
0,020	1,051	0,220	10,027	0,540	20,822	0,940	31,134	1,34	39,506
0,025	1,309	0,225	10,223	0,550	21,114	0,950	31,363	1,35	39,698
0,030	1,564	0,230	10,418	0,560	21,404	0,960	31,590	1,36	39,889
0,035	1,817	0,235	10,612	0,570	21,692	0,970	31,817	1,37	40,079
0,040	2,069	0,240	10,805	0,580	21,977	0,980	32,042	1,38	40,269
0,045	2,318	0,245	10,997	0,590	22,260	0,990	32,266	1,39	40,458
0,050	2,565	0,250	11,187	0,600	22,543	1,000	32,489	1,40	40,647
0,055	2,811	0,255	11,377	0,610	22,822	1,01	32,711	1,41	40,836
0,060	3,055	0,260	11,556	0,620	23,100	1,02	32,932	1,42	41,021
0,065	3,296	0,265	11,753	0,630	23,376	1,03	33,152	1,43	41,208
0,070	3,536	0,270	11,940	0,640	23,650	1,04	33,370	1,44	41,393
0,075	3,775	0,275	12,125	0,650	23,922	1,05	33,588	1,45	41,578
0,080	4,011	0,280	12,310	0,660	24,192	1,06	33,805	1,46	41,762
0,085	4,246	0,285	12,494	0,670	24,461	0,07	34,021	1,47	41,946
0,090	4,479	0,290	12,677	0,680	24,723	1,08	34,235	1,48	42,129
0,095	4,710	0,295	12,860	0,690	24,993	1,09	34,449	1,49	42,311
0,100	4,940	0,300	13,041	0,700	25,256	1,10	34,662	1,50	42,493
0,105	5,168	0,310	13,400	0,710	25,518	1,11	34,874	1,52	42,855
0,110	5,395	0,320	13,756	0,720	25,778	1,12	35,085	1,54	43,214
0,115	5,620	0,330	14,108	0,730	26,037	1,13	35,295	1,56	43,571
0,120	5,844	0,340	14,457	0,740	26,294	1,14	35,504	1,58	43,925
0,125	6,066	0,350	14,802	0,750	26,549	1,15	35,712	1,60	44,277
0,130	6,286	0,360	15,145	0,760	26,803	1,16	35,919	1,65	45,147
0,135	6,505	0,370	15,484	0,770	27,055	1,17	36,125	1,70	46,004
0,140	6,723	0,380	15,819	0,780	27,306	1,18	36,331	1,75	46,847
0,145	6,939	0,390	16,152	0,790	27,556	1,19	36,535	1,80	47,678
0,150	7,154	0,400	16,482	0,800	27,804	1,20	36,739	1,85	48,497
0,155	7,368	0,410	16,809	0,810	28,050	1,21	36,942	1,90	49,304
0,160	7,581	0,420	17,134	0,820	28,295	1,22	37,144	1,95	50,101
0,165	7,791	0,430	17,455	0,830	28,539	1,23	37,345	2,00	50,886
0,170	8,000	0,440	17,774	0,840	28,781	1,24	37,545	2,10	52,426
0,175	8,208	0,450	18,090	0,850	29,022	1,25	37,745	2,20	53,928
0,180	8,415	0,460	18,403	0,860	29,262	1,26	37,944	2,30	55,394
0,185	8,621	0,470	18,714	0,870	29,501	1,27	38,142	2,40	56,826
0,190	8,825	0,480	19,022	0,880	29,738	1,28	38,339	2,50	58,227
0,195	9,028	0,490	19,328	0,890	29,973	1,29	38,535		
0,200	9,230	0,500	19,631	0,900	30,208	1,30	38,731		



Рѣки, даже такіа большія, существованіе которыхъ продолжается много тысячелѣтій, постоянно измѣняются; русла ихъ передвигаются то въ одну, то въ другую сторону долины; дно то поднимается, то углубляется; одни берега подмываются и разрушаются, другіе—отлагаются и вновь образуются; объемъ протекающей воды и ея уровень постоянно колеблется, а съ нимъ колеблется и скорость теченія. Движущаяся въ рѣкѣ вода постоянно стремится урегулировать свое паденіе; она понемногу смываетъ возвышенія дна и засыпаетъ углубленія, перемежаясь такимъ образомъ то углубленіями или плесами съ уменьшенною скоростью, то перекатами или возвышеніями съ ускореннымъ



Фиг. 27.

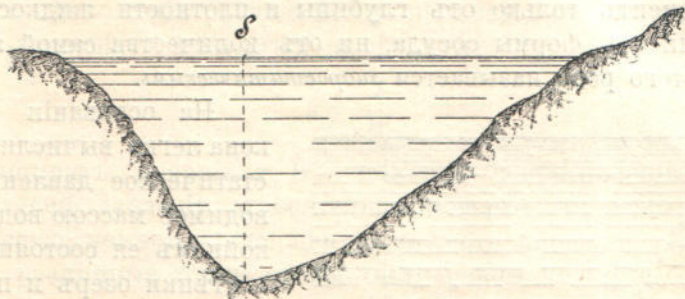
теченіемъ. Соотвѣтственно такой волнистости дна измѣняется и уклонъ поверхности воды въ рѣкѣ, увеличиваясь на перекатахъ и уменьшаясь въ плесахъ. Хотя, вообще говоря, поверхность воды рассматривается параллельною поверхности дна рѣки, но уклоны воды и дна могутъ значительно расходиться между собою.

Малѣйшее препятствіе или толчокъ заставляютъ воды рѣки особенно при медленномъ теченіи уклоняться въ стороны и описывать рядъ кривыхъ или излучинъ, удлиняющихъ общее теченіе рѣки и уменьшающихъ ея уклонъ. Происхожденіе излучинъ объясняется такъ: вода, ударяясь въ берегъ, отражается отъ него подъ угломъ, равнымъ углу паденія, и направляется къ противоположному берегу, стремясь описать параболу. Достигнувъ этого берега, воды снова отражаются и движутся наискось къ другой сторонѣ русла, опять описывая кривую. Каждый изгибъ теченія влечетъ за собою другой изгибъ одинаковаго радіуса кривизны и одинаковой скорости, и только благодаря разности состава почвы, перемѣнамъ уклона и всевозможнымъ препятствіямъ теченіе рѣки не образуетъ правильныхъ изгибовъ на всемъ своемъ протяженіи. При прямолинейномъ направленіи теченія, струя наибольшей скорости проходитъ посерединѣ русла, но при излучистомъ теченіи эта струя приближается къ вогнутому берегу (фиг. 27) и отдалается отъ выпуклаго. По этой линіи наибольшей скорости, и слѣд., наибольшей живой силы дно русла будетъ размываться и углубляться сильнѣе, чѣмъ въ другимъ мѣстахъ русла, по-



этому профиль русла при излучинѣ по какой-нибудь линіи  $msn$  (фиг. 27) будетъ въ разрѣзѣ имѣть видъ треугольника (фиг. 27а) съ вершиною, приходящеюся противъ точки  $s$ .

Извилистая форма русла и волнообразная форма дна особенно обозначается во время лѣтнихъ низкихъ водъ (въ меженный періодъ).



Фиг. 27а.

Во время же разливовъ, когда объемъ протекающей воды увеличивается иногда до 100 разъ противъ объема мелководья, а скорость, и слѣд., живая сила увеличивается до 10 разъ, вода покрываетъ отмели и часто кратчайшимъ путемъ, по болѣе сильному уклону прорываетъ въ нихъ новое русло. Часто это русло остается и послѣ разлива, образуя рукавъ рѣки, иногда же все теченіе направляется по новому руслу, а извилина (такъ называемое старорѣчье) со временемъ замыкается и зарастаетъ.

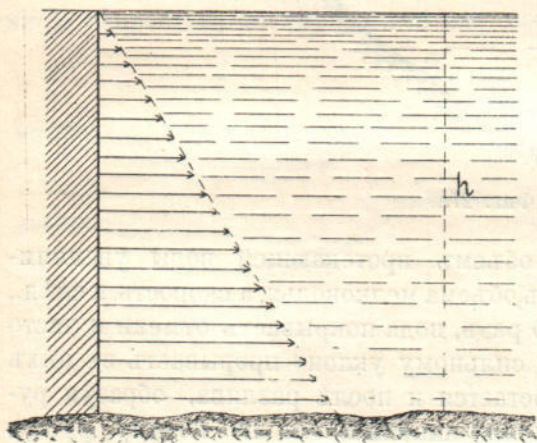
## 5. Плотины.

Гидротехническое сооруженіе, поставленное поперекъ русла или водотечи, преграждающее движеніе потока, называется плотиною. Плотины устраиваются: 1) съ цѣлью поднять уровень воды въ рѣкѣ или образовать искусственный водопадъ, которымъ пользуются какъ механическою силою, или чтобы отвести поднятую воду для питанія оросительныхъ каналовъ; 2) съ цѣлью задержать въ балкахъ и оврагахъ дождевыя и снѣговыя воды для образованія водохранилищъ или прудовъ; 3) для канализаціи мелкихъ рѣкъ съ цѣлью сдѣлать ихъ судоходными и проч.

Такъ какъ плотина является препятствіемъ для движущейся воды, которая стремится это препятствіе разрушить, сдвинуть или опрокинуть, то плотина должна быть настолько устойчива и прочна, чтобы свободно выдерживать давленіе воды; другими словами, каждая плотина, въ зависимости отъ величины и силы потока, ею задерживаемаго, должна быть соответствующаго вѣса и величины. Для расчета плотины необходимо вспомнить основной принципъ гидростатики, открытый Паскалемъ въ XVII вѣкѣ, который формулируется



такъ: если на поверхность жидкости, наполняющей закрытый сосудъ, произвести давленіе, то оно передастся черезъ жидкость равномерно во всѣ стороны, пропорціонально площадямъ стѣнокъ сосуда и будетъ направлено къ нимъ перпендикулярно. При этомъ разнообразными опытами доказано, что давленіе, производимое жидкостью на стѣнки сосуда, зависитъ только отъ глубины и плотности жидкости, но не зависитъ ни отъ формы сосуда, ни отъ количества самой жидкости. Давленіе этого рода называется *гидростатическимъ*.



Фиг. 28.

На основаніи этого закона легко вычислить гидростатическое давленіе, производимое массою воды въ спокойномъ ея состояніи на дно и стѣнки озеръ и прудовъ, а также на различныя точки плотинъ. Это давленіе на какую-либо часть дна стѣны или плотины (все равно вертикальной или наклонной) равно вѣсу водяного столба, имѣющаго основаніемъ площадь этой стѣны или плотины, а высотой вертикальное разстояніе ея центра тяжести

до свободной поверхности жидкости.

Если представить себѣ вертикальную стѣнку плотины (фиг. 28), высотой  $= h$  и длиною  $= l$ , то на стѣнку будутъ дѣйствовать силы, направленные ей перпендикулярно, при чемъ величина этихъ силъ давленія, начиная отъ нуля на поверхности, будетъ возрастать по мѣрѣ приближенія къ дну, гдѣ она станетъ наибольшею.

Такъ какъ возрастаніе это будетъ постепеннымъ, то для нахождения величины гидростатическаго давленія  $P$ , надо найти равнодѣйствующую, которая очевидно будетъ  $= \frac{1}{2} h$ , а величина гидростатическаго давленія опредѣлится произведеніемъ изъ площади стѣнки  $lh$  на  $\frac{1}{2}$  высоты напора, т. е. на  $\frac{1}{2} h$  и на вѣсъ единицы объема воды  $y$ ,

$$P = lh \frac{1}{2} hy$$

или

$$P = \frac{1}{2} lh^2 y \dots \dots \dots (XVIII)$$

Изъ того, что давленіе воды на плотину у поверхности равно нулю и что оно увеличивается съ глубиною, слѣдуетъ, что для прочности и устойчивости плотины нѣтъ надобности давать одинаковую толщину тѣлу плотины на всю ея высоту; нужно увеличить ее внизу, доведя до нуля у поверхности воды. При этомъ, если сторонѣ пло-



тины, обращенной къ водѣ дать наклонное положеніе, то давленіе воды, всегда перпендикулярное къ поверхности, будетъ прибавочнымъ къ грузу самой плотины, и, чѣмъ откосъ плотины будетъ отложе, тѣмъ направленіе давленія воды будетъ болѣе приближаться къ вертикальному и будетъ прижимать плотину къ дну.

Точка приложенія равнодѣйствующей всего давленія, называемая центромъ давленія  $z$ , находится по формулѣ

$$z = \frac{I}{W}$$

гдѣ  $I$  — моментъ инерціи и  $W$  — моментъ сопротивленія площади, испытывающей давленіе относительно поверхности воды; эта точка лежитъ всегда немного ниже центра тяжести площади. Если бы давленія на различныя точки стѣны были равны между собою, то очевидно, что точка приложенія ихъ равнодѣйствующей (центръ давленія) совпала бы съ центромъ тяжести стѣны, но давленія возрастаютъ съ глубиною и центръ давленія необходимо долженъ понизиться.

При расчетѣ размѣровъ прочнаго сопротивленія плотины опрокидывающему дѣйствію воды, надо опредѣлить величину гидростатическаго давленія на стѣнку плотины. Пусть длина плотины  $l$  и высота напора, т. е. высота столба воды въ прудѣ  $h$ , тогда по (XVIII) давленіе воды будетъ

$$P = \frac{1}{2} l h^2 y$$

при чемъ  $y$  принимается въ 70 ф. въ 1 куб. футѣ.

Итакъ, величина давленія зависитъ отъ напора  $h$  и площади плотины  $lh$ , а не отъ количества воды въ прудѣ. Такъ какъ вода стремится сдвинуть плотину съ мѣста, то послѣднюю надо строить съ расчетомъ, чтобы сила давленія  $P$  не была бы больше силы тяжести (вѣса) плотины  $G$  и коэффиціента тренія  $f$ , т. е. чтобы

$$P \leq Gf$$

Величина  $f$  измѣняется отъ рода грунта, его плотности, степени влажности и пр. На практикѣ величина  $f$  принимается въ  $\frac{1}{3}$  (если ширина гребня плотины не менѣе  $\frac{3}{4} h$ ). Слѣдовательно

$$P = G \frac{1}{3}$$

или

$$3P = G$$

т. е. вѣсъ плотины долженъ быть не менѣе трехъ величинъ давленія воды на нее.

Такъ какъ вѣсъ  $G$  равенъ объему  $W$ , умноженному на удѣльный вѣсъ земли  $y'$ , а объемъ опредѣляется длиною  $l$ , шириною  $b$  (средняя линія трапеціи) и высотой  $h$ , то

$$G = l b h y'$$



Вставляя эту величину въ предыдущее выраженіе, имѣемъ

$$lby' = 3P$$

Но такъ какъ гидростатическое давленіе  $P = \frac{1}{2}lh^2y$ , то

$$lby' = 3 \cdot \frac{1}{2}lh^2y$$

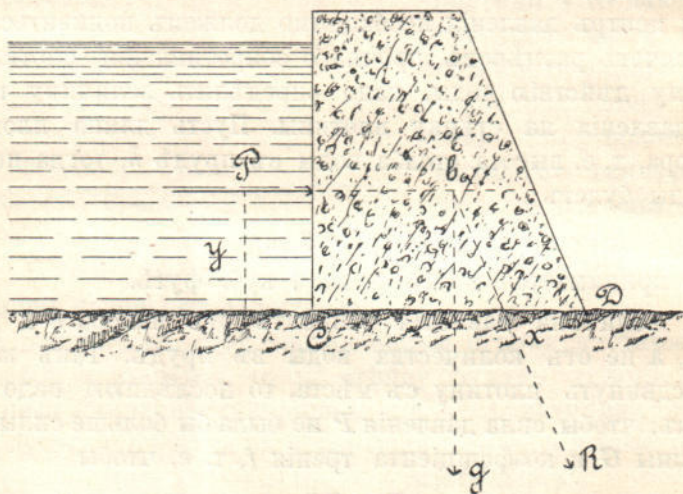
Въ среднемъ, удѣльный вѣсъ земли  $y'$  принимается въ 105 ф. = 1 куб. фут., т. е. въ  $1\frac{1}{2}$  раза больше удѣльнаго вѣса воды  $y$  (70 ф.). Такъ что  $y' = \frac{3}{2}y$ , и

$$\frac{3}{2}y l b h = \frac{3}{2} l h^2 y$$

Откуда

$$b = h$$

Слѣдовательно, прочность плотины обезпечена при условіи, если средняя толщина ея будетъ равна наибольшей глубинѣ воды у плотины.



Фиг. 29.

Итакъ, горизонтальное давленіе воды  $P$  стремится тѣло плотины сдвинуть, но этому стремленію противодѣйствуетъ вѣсъ плотины  $G$ ; кромѣ этого, если плотина имѣетъ монолитное тѣло (напр., бетонное), то сила  $P$  стремится плотину опрокинуть около точки  $D$  (фиг. 29). Чтобы этого опрокидыванія не произошло, требуется соблюденіе условія статической устойчивости, иначе: требуется равенство моментовъ

$$Gx = Py$$

При этомъ необходимо, чтобы равнодѣйствующая  $R$  силъ  $P$  и  $G$  пересѣкла линію основанія  $CD$  въ средней его трети, при условіи, что сила  $P$  приложена на  $\frac{2}{3}$  ниже свободной поверхности воды. Чѣмъ ближе къ серединѣ равнодѣйствующая будетъ пересѣкать основаніе,



тѣмъ плотина будетъ устойчивѣе; если же равнодѣйствующая будетъ выходить изъ основанія, то плотина будетъ немедленно опрокинута. Въ этомъ случаѣ надо измѣнить размѣры плотины, измѣняя ея форму. Такъ какъ давленіе внизу наибольшее, то лучшая форма поперечнаго сѣченія плотины—трапециoidalная.

Для земляныхъ плотинъ этотъ профиль потому еще обязателенъ, что земля, осыпаясь и смываясь, принимаетъ естественный наклонъ откоса.

Плотина съ водосливомъ, насыпь съ заложенною въ ней трубою, дамба съ узкимъ отверстіемъ моста—всѣ эти искусственныя сооруженія, препятствуя свободному движенію воды въ руслѣ, вызываютъ искусственное повышение горизонта, называемое *подпоромъ*. Разность уровней воды подпертой и прежней свободной называется высотой подпора, а разстояніе отъ мѣста наибольшаго подпора (у насыпи) до той точки, гдѣ подпоръ равенъ нулю, называется длиною подпора или *подпрудой*. Какъ бы ни былъ малъ расходъ воды черезъ водосливъ, трубу или отверстіе моста, все же поверхность воды у этихъ сооруженій не можетъ быть горизонтальной, потому что при горизонтальности уровня движенія воды не происходитъ.

Высота подпора будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше разница въ скоростяхъ *протеканія* подъ мостомъ и *притеканія* къ нему. Если обозначить скорость воды, протекающей въ сооруженіе, черезъ  $v$ , а скорость воды, притекающей къ сооруженію, черезъ  $u$ ; если затѣмъ высоту воды безъ подпора обозначить черезъ  $h'$ , а высоту передъ сооруженіемъ уже съ подпоромъ черезъ  $h$ , то такъ какъ въ сооруженіи живое сѣченіе сжато, а, слѣдовательно, скорость  $v$  большая, имѣемъ по закону Торричели

$$v - u = \sqrt{2g(h - h')}$$

называя высоту подпора черезъ  $z$  или  $z = h - h'$ , имѣемъ

$$v - u = \sqrt{2gz}$$

откуда высота подпора будетъ

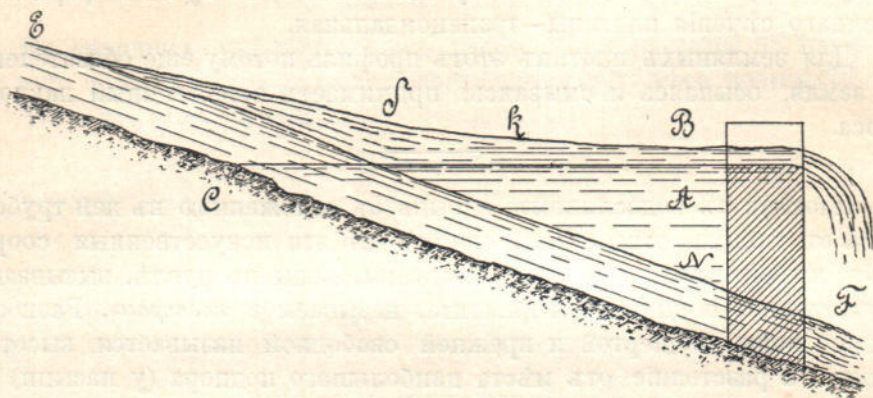
$$z = \frac{v^2 - u^2}{2g} \dots \dots \dots (XIX)$$

Чѣмъ больше скорость притеканія  $u$ , тѣмъ меньше подпоръ, тѣмъ и короче длина подпруды, и, наоборотъ, длина подпора увеличивается съ уменьшеніемъ скорости притеканія.

Представимъ себѣ, что свободное теченіе рѣки прервано плотиною  $G$  (фиг. 30). Пусть линія  $EF$  поверхность воды въ рѣкѣ при свободномъ теченіи ея безъ запруды, пусть  $AC$ —линія горизонтальной поверхности, которая получилась бы, если бы теченіе въ рѣкѣ вдругъ



прекратилось, тогда линия  $BKS$  будетъ линією поверхности подпруды при продолжающемся теченіи послѣ постановки плотины. Подпоръ, образующійся при этомъ, будетъ представленъ величиною  $BN$ .



Фиг. 30.

Такимъ образомъ, поверхность подпора выражается вогнутою кривою высшаго порядка, бесконечно приближающеюся къ поверхности  $EF$  свободно протекающей воды, никогда, однако, съ нею не сливающеюся. Но на разстояніи уже полуторной длины линіи  $AC$  это разстояніе между двумя поверхностями представляетъ такую ничтожную величину, что она не поддается никакимъ техническимъ опредѣленіямъ, и ею можно пренебречь.

На практикѣ вопросъ о длинѣ подпруды имѣетъ большое значеніе въ юридическомъ отношеніи. При возникновеніи жалобъ на затопленіе чужихъ земель плотиною, владѣлецъ послѣдней обыкновенно указываетъ на гидростатическую длину подпора  $AC$ , тогда какъ затопленіе простирается на длину подпора гидравлическую, которая должна быть принята въ  $1\frac{1}{2}$  и до 2 разъ больше гидростатической.

## 6. Водосборы.

При расчетѣ пропускныхъ отверстій въ проектируемыхъ сооруженіяхъ, въ особенности, когда они устраиваются въ сухихъ логахъ, балкахъ и долинахъ, надо знать тотъ максимальный секундный расходъ  $Q$ , который должно пропускать проектируемое отверстіе. Оно должно быть достаточно свободнымъ, чтобы не подвергать сооруженіе риску быть разрушеннымъ, но, съ другой стороны, отверстіе не должно строиться съ излишнимъ запасомъ, чтобы не увеличивать на него затратъ.

Скорость и максимальный расходъ воды въ рѣкахъ и долинахъ зависитъ отъ площади водосбора (бассейна), отъ его формы, геоло-



гического строенія, величины уклона, характера растительности и климатическихъ особенностей мѣстности.

Рѣки и долины по величинѣ площади питанія (водосбора) раздѣляются на рѣки большихъ бассейновъ (больше 50 кв. верстъ) и рѣки малыхъ бассейновъ (меньше 50 кв. верстъ). Максимальный расходъ воды въ рѣкахъ большихъ бассейновъ бываетъ обыкновенно въ половодье, во время таянія снѣга, наибольшій же расходъ рѣчекъ и овраговъ малыхъ бассейновъ находится въ прямой зависимости отъ лѣтнихъ ливней. Это объясняется весьма просто: ливень, продолжающийся короткое время, даетъ за полчаса до 18,000 ведеръ на десятину (около 8 на 1 кв. саж.) и, разражаясь вблизи сооруженія, приноситъ огромное количество—до 4 куб. саж. въ секунду, воды; но площадь, занимаемая ливнемъ, не велика, обыкновенно принимается въ 4 версты, и, чѣмъ дальше отъ сооруженія прошелъ ливень, тѣмъ больше воды израсходуется на просачиваніе въ почву и испареніе, тѣмъ меньше ея подойдетъ къ сооруженію. Наоборотъ, количество талой снѣговой воды возрастаетъ съ величиною площади водосбора. Такъ, напримеръ, по даннымъ изслѣдованій позднѣйшаго времени секундное количество талой воды съ площади въ 4 кв. версты у самаго сооруженія и въ районѣ наибольшаго ливня равняется всего 0,64 кв. саж., затѣмъ, подвигаясь дальше вверхъ по теченію, количество ливневой воды убываетъ, а количество талой увеличивается, и при площади водосбора въ 20 кв. верстъ, та и другая величины дѣлаются почти равными; еще дальше вверхъ ливневой воды становится меньше нежели снѣговой, талой. Насколько въ большихъ рѣкахъ весеннія воды проходятъ съ большимъ расходомъ, нежели лѣтнія, видно изъ наблюдений надъ рѣкою Окою въ Орлѣ, гдѣ средній секунднй расходъ въ половодье равняется 9 куб. саж., а въ остальное время  $Q = 0,5$  куб. саж. Тамъ же въ Орлѣ опредѣлено, что за время половодья (около 60 дней) протекаетъ около  $\frac{3}{4}$  всего годового количества осадковъ. Такимъ образомъ, можно было бы разсчитывать отверстія сооруженій при водосборахъ до 25 кв. верстъ на ливневия воды, а при большомъ бассейнѣ, на талыя. Тѣмъ не менѣе официально принято считать рѣчками малыхъ бассейновъ при водосборахъ до 50 верстъ и рѣками большихъ бассейновъ болѣе 50 верстъ.

Для опредѣленія расхода въ долинахъ и рѣчкахъ надо прежде всего знать величину площади бассейна (водосбора). Эта площадь опредѣляется или съемкой на мѣстѣ или измѣреніемъ по трехверстнымъ картамъ Военно-Топографическаго отдѣла Генеральнаго штаба. Если извѣстно количество годовыхъ осадковъ въ заданномъ мѣстѣ, то объемъ воды, поступающей въ долину, будетъ

$$A = K.Ph$$

гдѣ  $P$ —площадь водосбора;  $h$ —годовое количество осадковъ (выра-



женное, конечно, въ тѣхъ же единицахъ, что и  $P$ ), а  $K$ —такъ называемый гидрологическій коэффициентъ, иначе—коэффициентъ стока; такъ какъ не вся атмосферная вода попадаетъ въ долину, а часть ея теряется на пути, расходуясь на просачиваніе въ почву и испареніе, то коэффициентъ  $K$ —всегда менѣе единицы, обыкновенно его принимаютъ для большихъ бассейновъ въ  $1/2$ , для малыхъ  $2/3$ .

Изъ эмпирическихъ формулъ для расчета отверстій на ливневая воды широкою популярностью, въ особенности для дорожныхъ сооружений, пользуется принятая Министерствомъ Путей Сообщенія формула Кестлина

$$Q = 1,875 PL \dots\dots\dots (XX)$$

гдѣ  $P$ —площадь водосбора въ квадратныхъ верстахъ,  $L$ —коэффициентъ, зависящій отъ длины бассейна; такъ,

при длинѣ отъ	0	до	$3\frac{1}{2}$	верстъ	$L = \frac{1}{2}$
"	"	"	$3\frac{1}{2}$	" 7	" $L = \frac{1}{4}$
"	"	"	7	" $10\frac{1}{2}$	" $L = \frac{3}{16}$
"	"	"	$10\frac{1}{2}$	" 14	" $L = \frac{1}{8}$
"	"	"	14	" $17\frac{1}{2}$	" $L = \frac{1}{16}$

при этомъ, если уклонъ долины меньше 0,005, то величину коэффициента  $L$  надо уменьшить вдвое.

Формула эта выведена французскимъ инженеромъ Kestlin'омъ, наблюдавшимъ ливень въ Парижѣ, во время котораго, въ теченіе 10 минутъ, выпало 9,6 миллим. осадковъ; затѣмъ формула передѣлана для русскихъ мѣръ нашимъ Министерствомъ Путей Сообщенія. При этомъ для примѣненія на желѣзныхъ дорогахъ Инженерный Совѣтъ (въ 1896 году) нашелъ возможнымъ при расчетѣ отверстій мостовъ уменьшить величину  $Q$  вдвое. Руководствуясь этимъ соображеніемъ, можно безъ риска, рассчитывая по этой формулѣ, водопропускныя отверстія въ гидротехническихъ сооруженіяхъ брать въ  $2/3$  отъ величины  $Q$ .

Тиффенбахеръ, видоизмѣняя данныя Кестлина, составилъ таблицу, прямо показывающую количество воды, протекающей по бассейну:

Такъ, при длинѣ до	4	верстъ	притекаетъ съ 1 кв. версты	0,824 кв. в.
"	6	"	"	0,608 "
"	8	"	"	0,412 "
"	12	"	"	0,304 "
"	16	"	"	0,206 "
"	болѣе 16	"	"	0,103 "

Если уклонъ тальвега менѣе 0,005, то цифра уменьшается вдвое.

Нѣкоторые гидротехники для расчетовъ отверстій въ плотинахъ принимаютъ силу ливня 40 миллим. въ часъ съ продолжительностью



его въ полчаса и съ райономъ дѣйствія 4 версты, тогда при коэффициентѣ стока въ  $\frac{2}{3}$  секунднй расходъ считается  $Q = 3,66$  куб. саж.

Всѣ эти опредѣленія только приблизительны. Расчетъ будетъ вѣрнымъ тогда, когда для каждаго мѣста будетъ извѣстно количество выпадающей ливневой воды, площадь, захватываемая ливнемъ, и коэффициентъ стока.

Для опредѣленія максимальной секунднй величины  $Q$  талой воды, въ послѣднее время инженеромъ Тарловскимъ предложена слѣдующая формула

$$Q = A(1 - \mu \sqrt{F}) F \dots \dots \dots (XXI)$$

гдѣ  $A$ —основная норма стока съ 1 кв. версты въ секунду въ куб. саж.  $F$ —водосборная площадь въ кв. верстахъ.  $\mu$ —коэффициентъ, зависящій отъ хода таянія, а также отъ степени вытянутости долины, крутизны склоновъ, русла и т. п.

Для водосборовъ до 15 кв. верстъ норма стока  $A$  равна 0,16; свыше 50 верстъ ее можно принимать въ половинномъ размѣрѣ.

Коэффициентъ  $\mu$  можетъ быть взятъ только приблизительно и по даннымъ г. Тарловскаго онъ опредѣляется около 0,06. Такимъ образомъ, максимальный стокъ съ водосбора въ  $F$  кв. верстъ получается по формулѣ

$$Q = 0,16(1 - 0,06 \sqrt{F}) F \dots \dots \dots (XXII)$$

## 7. Гидрометрія.

(Методы измѣренія воды).

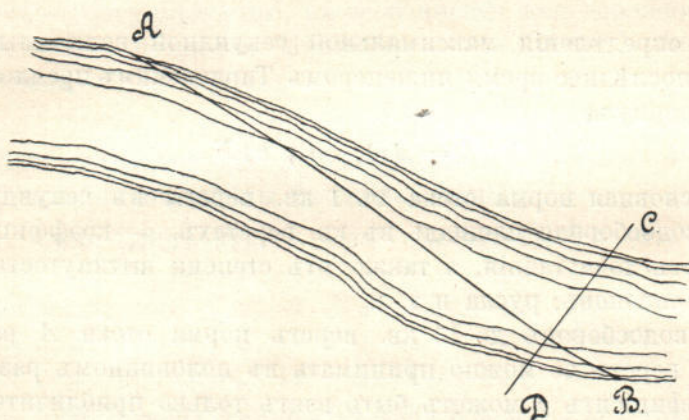
Изученіе тѣхъ практическихъ приѣмовъ, которые даютъ возможность опредѣлить непосредственно расходъ воды въ потокѣ, составляетъ область гидрометріи.

Для опредѣленія объема воды, который перемѣщается подѣ дѣйствіемъ силы тяжести въ единицу времени (въ секунду), или иначе расхода его  $Q$ , надо знать площадь живого сѣченія  $F$  и среднюю скорость  $v$ . Но расходъ  $Q$  можетъ быть опредѣленъ по живому сѣченію  $F$  и уклону  $i$ , потому что  $v = c \sqrt{Ri}$  (XIV). Итакъ, въ первомъ случаѣ надо измѣрить скорость, во второмъ — уклонъ и въ обоихъ случаяхъ производится опредѣленіе живого сѣченія.

Только въ рѣдкихъ случаяхъ (при очень малыхъ потокахъ) величина секунднго расхода опредѣляется непосредственно, путемъ измѣренія. Для этого ручей или рѣчка перегораживается временною непроницаемою для воды стѣнкою изъ досокъ и земли, и вся вода направляется въ прорѣзъ или водосливъ, сдѣланный въ верхней



доскѣ на серединѣ потока. Когда движеніе черезъ водосливъ установится, сдѣлается постояннымъ, тогда подъ струю подставляютъ бочку или ящикъ опредѣленнаго объема и замѣчаютъ время наполненія этого мѣрника. Частное отъ раздѣленія объема мѣрника на число секундъ его наполненія дастъ величину  $Q$ ; опытъ надо повторить нѣсколько разъ и взять среднее. Необходимо при этомъ, чтобы мѣрникъ устанавливался горизонтально.



Фиг. 31.

Определение живого сѣченія дѣлается на мѣстѣ ровномъ, по возможности, по серединѣ прямолинейнаго участка и перпендикулярно оси движенія (линія фарватера), т. е. такъ, чтобы линия живого сѣченія  $CD$  (фиг. 31) была перпендикулярна къ  $AB$ . Если рѣчка не широка (меньше 3 саж.), то промѣръ удобно совершать съ бревна, перекинутого поперекъ, по направленію измѣряемаго живого сѣченія; на стесанномъ краѣ бревна наносятся мѣтки въ равномъ разстояніи одна отъ другой, черезъ каждыя 0,1—0,2—0,5 саж., чѣмъ чаще—тѣмъ точнѣе будетъ выполненъ промѣръ.

Измѣреніе глубины производится рейкой, вертикально опускаемой на дно потока; чтобы въ быстрыхъ потокахъ набѣгающая струя не мѣшала точному отсчету, рейку надо опускать ребромъ впередъ, противъ теченія и, кромѣ того, для иловатыхъ слабыхъ грунтовъ, нижній конецъ ея снабжаютъ башмакомъ—тонкой деревянной дощечкой, не позволяющей рейкѣ входить въ дно.

Опуская рейку послѣдовательно противъ каждой черты бревна на равныхъ разстояніяхъ и дѣлая отсчетъ по горизонту воды, получаютъ длины ординатъ—глубины воды.

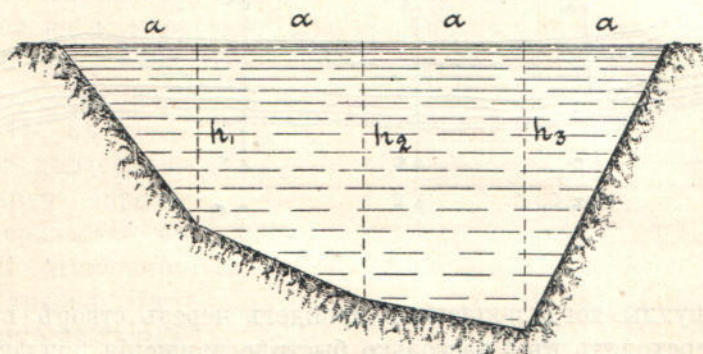
Для потоковъ широкихъ, по линіи измѣряемаго сѣченія натягиваютъ канатъ, на которомъ размѣчаютъ тонкими веревочками съ болтающимися концами тѣ точки, въ которыхъ будутъ производиться промѣры. Канатъ долженъ быть натянута настолько, чтобы середина



его не касалась воды, но и не была бы высоко надъ нею. При ширинѣ до 15 саж. это достигается обыкновеннымъ натяженіемъ, привязывая концы каната на высотѣ 0,33 саж. надъ горизонтомъ воды.

На широкихъ рѣкахъ канатъ поддерживается лодками, удерживаемыми на мѣстѣ якорями.

Промѣръ дѣлается съ лодки рейкою, для чего лодка подводится къ канату съ низовой стороны.



Фиг. 32.

(Опредѣленіе живыхъ сѣченій въ большихъ судоходныхъ рѣкахъ не входитъ въ задачу сельско-хозяйственныхъ гидротехническихъ работъ).

Не слѣдуетъ производить измѣреніе сѣченій рѣки подъ мостомъ, такъ какъ здѣсь движеніе неправильно, и русло подъ мостомъ имѣетъ иное сѣченіе, чѣмъ въ свободномъ теченіи. Очень точный и удобный способъ опредѣленія живого сѣченія рѣки даютъ промѣры со льда, дѣлая для этого на опредѣленныхъ разстояніяхъ проруби.

По полученнымъ даннымъ вычерчивается поперечный профиль (въ одинаковомъ вертикальномъ и горизонтальномъ масштабѣ). Опредѣленіе площади живого сѣченія производится посредствомъ вычисленія площадей треугольниковъ и трапецій (фиг. 32). Такъ

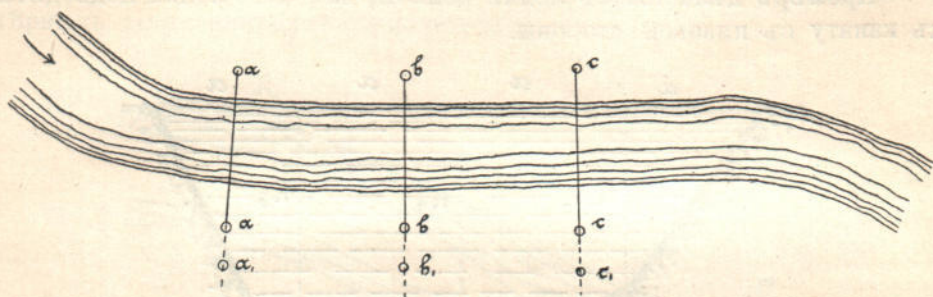
$$F = \left( \frac{h_1}{2} \cdot a + \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot a + \frac{h_2 + h_3}{2} \cdot a + \frac{h_3}{2} \cdot a \right) = a(h_1 + h_2 + h_3)$$

Опредѣленіе скорости теченія дѣлается поплавками, гидрометрическими трубками и вертушками.

Измѣреніе поплавками—самое простое и въ то же время довольно точное, возможное при всякомъ загрязненіи воды, почему и примѣняется чаще другихъ. Сначала на рѣкѣ выбирается возможно прямой участокъ, на которомъ измѣряютъ 3 живыхъ сѣченія черезъ 25 саж. одно отъ другого, при значительной ширинѣ (болѣе 10 саж.) и черезъ 5 саж. на узкихъ потокахъ. На обоихъ берегахъ рѣки на концахъ живыхъ сѣченій втыкаютъ по 2 небольшія вѣхи

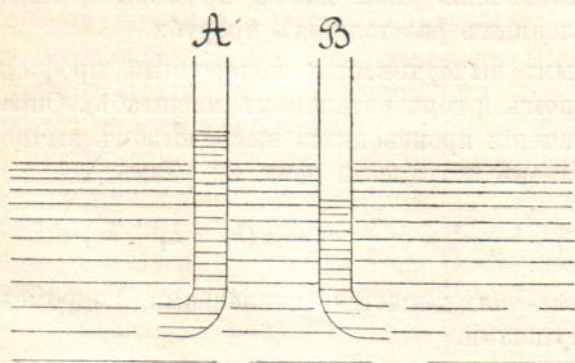


*aaa*, *bbb* и *ccc* (фиг. 33). Поплавокъ служитъ обыкновенная бутылъ, заткнутая пробкою и наполняемая водою настолько, чтобы въ водѣ она стояла прямо и чтобы изъ воды выходило только ея горлышко. Сажень за 5 до сѣченія *aaa* поплавокъ или бросается съ берега на середину рѣки или опускается съ лодки. Стоя при *a*, замѣчаютъ ми-



Фиг. 33.

нуты и секунды, когда поплавокъ пройдетъ черезъ створъ вѣхъ *aaa*; затѣмъ переходятъ въ *b* настолько быстрое движеніе поплавокъ, чтобы замѣтить моментъ прохожденія его черезъ створъ *bbb*; то же дѣлаютъ и по отношенію къ сѣченію *ccc*. Понятно, что частное отъ дѣленія длины пути *ab* и *bc* на число секундъ прохожденія поплавокъ дастъ скорость теченія воды. Такое опредѣленіе надо повторить раза три, стараясь пустить поплавокъ на середину потока. Такъ какъ мы задаемся цѣлью опредѣлить наибольшую скорость, то надо брать не среднее, а тотъ случай, когда поплавокъ прошелъ путь въ кратчайшее время.



Фиг. 34.

Основною формою гидрометрическихъ трубокъ является *трубка Пито*.

Если стеклянную согнутую подъ прямымъ угломъ трубку *A* (фиг. 34) погрузить въ рѣку такъ, чтобы изогнутый конецъ былъ противъ теченія, то отъ напора вода въ трубкѣ поднимется выше уровня въ

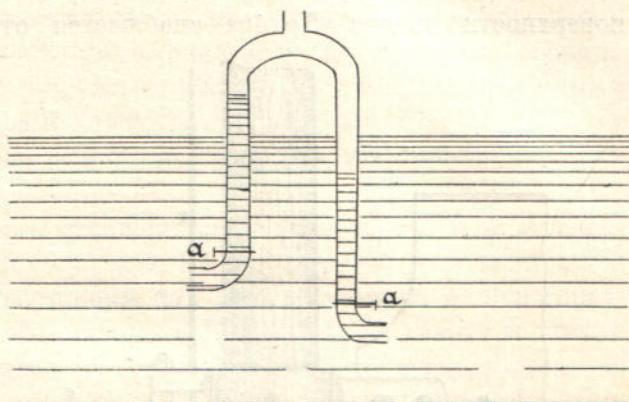
рѣкѣ, при чемъ высота *dm* будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше напоръ, т. е. чѣмъ больше производящая его скорость теченія. Обозначая высоту скоростнаго напора черезъ *h* и черезъ *k* — коэффициентъ (для каждого прибора постоянный, находимый изъ опытовъ), зависящій отъ тренія о стѣнки, удара о концы трубки и пр., имѣемъ



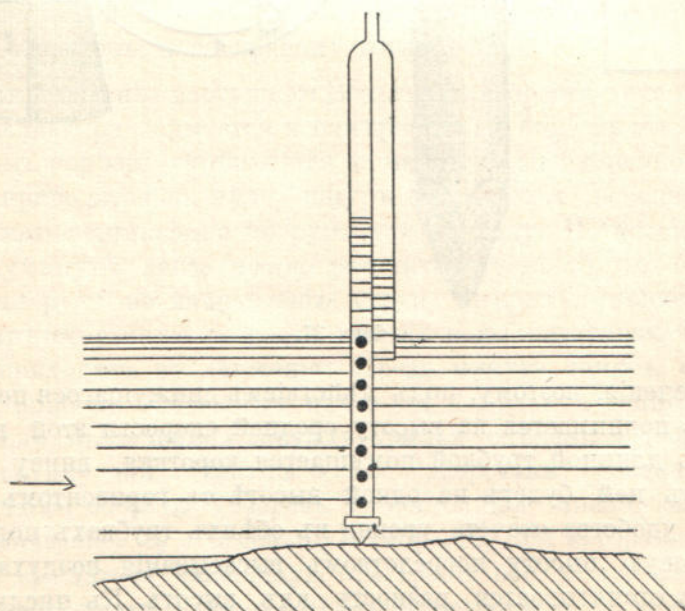
$$v = k \sqrt{2gh}$$

Если трубку поставить горизонтальным колѣномъ *по теченію*, то въ вертикальномъ колѣнѣ вода станетъ ниже поверхности воды на ту же величину.

Недостатки трубки состоятъ въ томъ, что высота  $h$  обычно весьма незначительна и потому трудно отсчитываемая, кромѣ того вода прилипаетъ къ стѣнкамъ, и это дѣлаетъ невозможнымъ опредѣленіе горизонта въ трубкѣ. По этимъ причинамъ трубка Пито на практикѣ не примѣняется. Дарси усовершенствовалъ приборъ тѣмъ, что взялъ двѣ трубки съ концами, обращенными въ разныя стороны (фиг. 35). Трубки снабжены кранами



Фиг. 35.



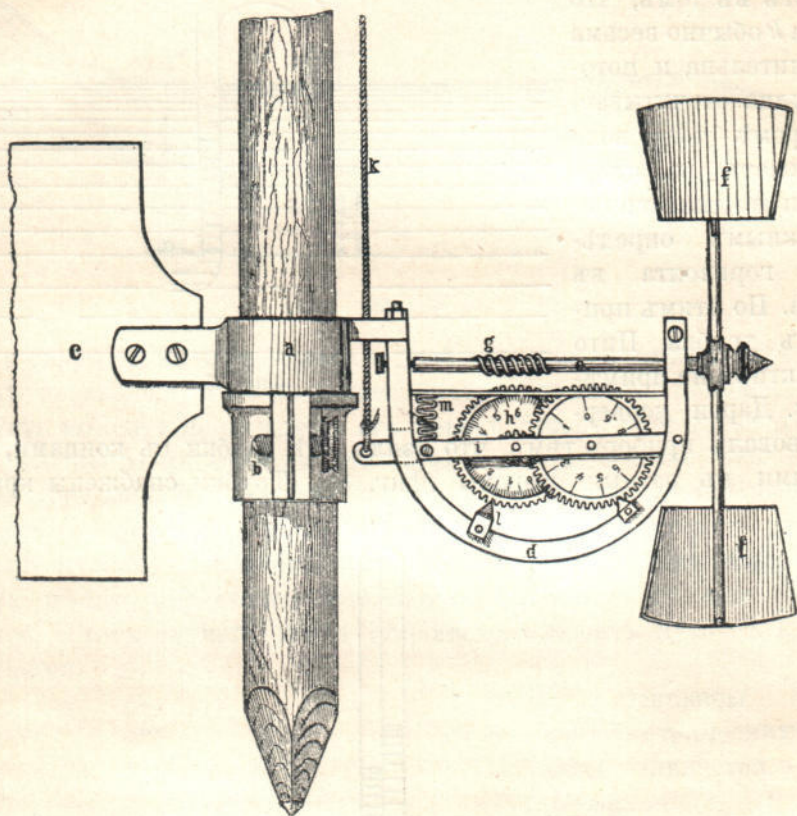
Фиг. 36.

$aa$ , закрывъ которые вынимаютъ приборъ изъ воды и отсчитываютъ разность уровней  $h$  въ обѣихъ трубкахъ. Скорость опредѣляется по той же формулѣ, что и въ трубкѣ Пито. Точность отсчета въ трубкѣ



Дарси большая, нежели у Пито, потому что отсчетъ производится по вынутіи трубки изъ воды, тогда какъ у Пито отсчетъ дѣлается на мѣстѣ, въ водѣ.

По *трубкѣ Франка* (фиг. 36) скорость опредѣляется не въ одной какой-нибудь точкѣ, а получается сразу по вертикальной линіи отъ поверхности до дна. Трубка снабжается отверстиями, обращенными



Фиг. 37.

противъ теченія, поэтому, подъ дѣйствіемъ движущагося потока, вода въ трубкѣ поднимается на высоту средней скорости этой вертикали. Рядомъ съ длинной трубкой помѣщается короткая, внизу открытая, уровень въ ней будетъ на одной высотѣ съ горизонтомъ текущей воды. Для удобства отсчета уровни въ обѣихъ трубкахъ поднимаются на одинаковую высоту посредствомъ высасыванія воздуха въ манометръ, гдѣ отсчитывается разность ихъ высотъ. Къ числу преимуществъ трубки Франка относится между прочимъ и то, что инструментъ сразу показываетъ среднюю скорость безъ вычисленій.

*Вертушка Вольмана* (фиг. 37) основана на слѣдующемъ: вообразимъ, что въ рѣкѣ вращается горизонтальная ось, установленная параллельно главной струѣ. Пусть на концѣ оси прикрѣпленъ къ ней



перпендикулярно стержень съ двумя пластинками  $f$  и  $f$  и плоскости этих пластинокъ между собою перпендикулярны, а съ осью составляютъ уголъ въ  $45^\circ$ . Подъ дѣйствіемъ напора струй, пластинки поворачиваются около горизонтальной оси, при чемъ скорость вращенія зависитъ отъ скорости теченія. Чтобы найти скорость вращенія, надо знать путь крыльевъ, описанный въ единицу времени. Но путь крыльевъ равенъ числу ихъ оборотовъ, умноженному на длину одного оборота, а одинъ оборотъ равенъ окружности круга съ діаметромъ, равнымъ разстоянію между центрами тяжести обоихъ крыльевъ. Зная эту длину и сосчитавъ число оборотовъ крыльевъ, мы опредѣлимъ скорость теченія въ потокѣ.

Приборъ состоитъ изъ крѣпкой палки, на которую на опредѣленной высотѣ укрѣпляется муфта  $b$ . На этой муфтѣ устанавливается кольцомъ  $a$  механизмъ, состоящій изъ руля  $c$ , счетчика и мельнички. Ось снабжена безконечнымъ винтомъ  $g$ . Если потянуть сверху за шнуръ  $k$ , рычажокъ  $i$  поднимется, съ безконечнымъ винтомъ  $g$  сдѣлается зубчатое колесо  $h$ , сдѣлывающееся также и съ другимъ колесомъ. При одномъ оборотѣ мельнички колесо  $h$  поворачивается на 1 зубецъ; всѣхъ зубьевъ на этомъ колесѣ 100 и на другомъ колесѣ тоже 100, при чемъ передаточное число колесъ 10, такимъ образомъ, по счетчику можно отсчитать до 1000 оборотовъ мельнички. На обоймѣ  $d$  помѣщаются указатели  $l$ ; по лѣвому колесу отсчитываются единицы и десятки оборотовъ, а по правому сотни.

При опредѣленіи вертушкою Вольмана скорости теченія прежде всего устраиваются подмостки и измѣряется глубина въ этомъ пунктѣ рѣки. Затѣмъ приборъ укрѣпляется на палкѣ въ опредѣленномъ мѣстѣ. Счетчики приводятся на нули, шнуръ отпускается свободно и палка съ вертушкою вертикально погружается въ воду. По истеченіи примѣрно полуминуты, когда можно разсчитывать на то, что ось встала при помощи руля по направленію струи, а крылья приобрѣли скорость, соответствующую скорости теченія воды, натягиваютъ шнуръ и счетчикъ приходитъ въ движеніе; черезъ минуту шнуръ снова выпускается, приборъ извлекаютъ изъ воды и дѣлаютъ запись по счетчикамъ. Если въ теченіе  $t$  секундъ крылья сдѣлали  $n$  оборотовъ, то въ одну секунду они сдѣлаютъ  $n:t=s$  оборотовъ; обозначая черезъ  $\beta$  длину одного оборота, а черезъ  $\alpha$ —постоянное число каждой вертушки, означающее ту наименьшую скорость, при которой мельничка начинаетъ вращаться, зависящую отъ тренія оси и зубчатокъ и въ лучшихъ вертушкахъ равную 0,01 — 0,05 метровъ въ секунду, имѣемъ

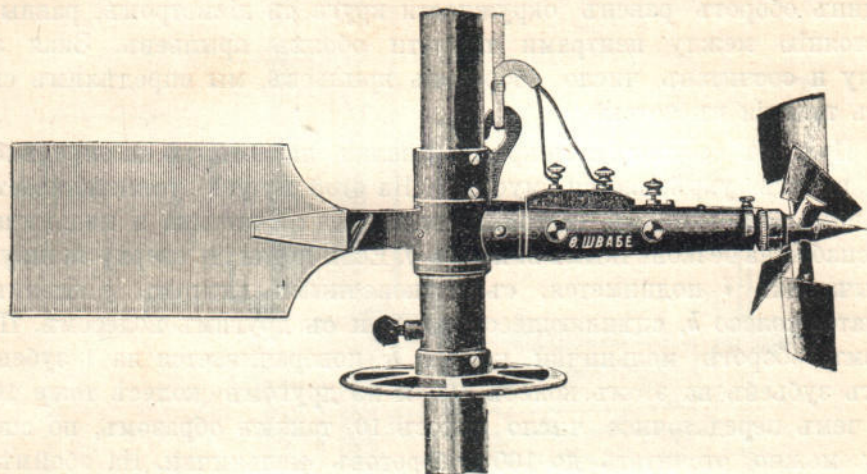
$$v = \alpha + \beta s$$

Къ недостаткамъ вертушки Вольмана относится: 1) необходимость вытаскивать приборъ изъ воды для каждаго отсчета, 2) при



сильномъ теченіи шнуръ натягивается настолько, что получается преждевременное включеніе счетчика, 3) открытыя зубчатки въ грязной водѣ, особенно у дна потока, легко засоряются, и вращеніе ихъ или замедляется, или вовсе останавливается.

Эти весьма существенные недостатки прибора устранены въ *вертушкѣ Амслера*, снабженной электрическимъ замыкателемъ, отъ котораго идетъ особая изолированная проволока къ батарее и звонку.



Фиг. 38.

Когда вертушка собрана и введена въ цѣпь, то каждыя 100 оборотовъ колеса обозначаются замыканіемъ тока, дающимъ звонокъ. При такомъ устройствѣ нѣтъ надобности смыкать и размыкать ось со счетчикомъ и не нужно вынимать вертушку изъ воды для отсчетовъ. Дальнѣйшее улучшеніе прибора состоитъ въ томъ, что зубчатки заключены въ футляры и потому не подвергаются засоренію (фиг. 38).

Существуетъ еще цѣлый рядъ вертушекъ болѣе совершенныхъ, со всевозможными автоматическими приспособленіями, но и болѣе дорогихъ, а потому и рѣдко употребляющихся.

Для вычисленія скорости потока по уклону  $i$  производится нивелированіе поверхности воды (или поверхности русла въ сухихъ логахъ), на 100 саж. вверхъ и внизъ отъ измѣряемаго поперечнаго сѣченія на малыхъ рѣкахъ и на версту въ большихъ. Для этого вблизи урѣза воды забиваются черезъ 50 саж. пикетные колья такъ, чтобы вершущи ихъ совпадали съ уровнемъ воды. Колья должны быть забиты непременно одновременно, потому что уровень воды можетъ измѣниться въ теченіе даже весьма небольшого промежутка времени. На вершущи колеѣвъ послѣдовательно ставятся рейки, а а нивелиръ устанавливается между ними по возможности точно по



серединѣ. Нивелируемый участокъ долженъ быть прямымъ, потому что на поворотахъ поверхность воды въ поперечномъ сѣченіи рѣки не горизонтальна; именно, вслѣдствіе центробѣжной силы она выше у берега вогнутого и, напримѣръ, при скорости  $v = 0,5$  саж. и при радиусѣ закругленія въ 10 саж. и такой же ширинѣ рѣки превышеніе поверхности воды у вогнутого берега доходить до 0,05 саж. надъ поверхностью воды у берега выпуклаго.

Когда скорость опредѣлена поплавкомъ, то средняя скорость потока находится по формулѣ или Прони или Вейсбаха и обыкновенно считается около 0,85 отъ найденной максимальной.

Если скорость измѣрялась на разныхъ глубинахъ вертушками или трубками, то для вывода средней скорости наблюденія надо произвести въ нѣсколькихъ мѣстахъ поперечнаго профиля потока. Для этого вся площадь живого сѣченія  $F$  разбивается на отдѣльныя площадки  $f_1; f_2; f_3; \dots f_n$ , въ центрѣ тяжести которыхъ опредѣляется вертушками скорости  $v_1; v_2; v_3; \dots v_n$ . Расходъ будетъ

$$Q = f_1 v_1 + f_2 v_2 + f_3 v_3 + \dots + f_n v_n$$

отсюда можно найти и среднюю скорость потока.

Для опредѣленія колебанія уровня воды въ рѣкахъ устраиваются такъ называемые *водомерные* или *гидрометрические посты*.

Простѣйшій речной постъ устанавливается на рѣкахъ, озерахъ и прудахъ съ незначительнымъ колебаніемъ горизонта воды. Такой постъ представляетъ собою рейку (футштокъ) съ дѣленіями, прочно укрѣпленную или на мостовомъ устоѣ, или на отдѣльной сваѣ. Нуль рейки долженъ быть помѣщенъ ниже самаго низкаго горизонта воды и связывается съ ближайшимъ надежнымъ реперомъ.

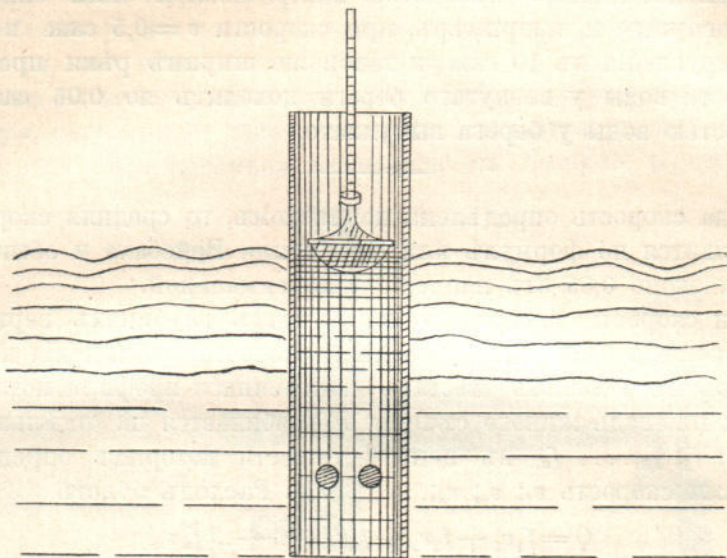
Отсчетъ въ извѣстные сроки дѣлается по рейкѣ непосредственно. Но опредѣленіе уровня воды во время волненія по рейкѣ очень затруднительно, и въ этомъ случаѣ неподвижную рейку замѣняютъ рейкою съ поплавкомъ, для чего берется чугунная труба, однимъ концомъ прочно вкапывается въ дно, а другимъ немного выступаетъ надъ самымъ высокимъ горизонтомъ воды. Въ трубѣ имѣются отверстія (фиг. 39), расположенныя ниже обыкновеннаго горизонта (на 0,40 саж.), благодаря чему въ трубѣ всегда будетъ спокойная поверхность на одномъ уровнѣ съ горизонтомъ бассейна.

Измѣреніе уровня производится по рейкѣ съ поплавкомъ въ нижнемъ концѣ; рейка выступаетъ надъ верхнимъ срезомъ трубы, въ плоскости котораго дѣлается отсчетъ.

*Свайный водомерный постъ.* Если колебанія горизонта воды значительны и берегъ пологій, то рейку пришлось бы дѣлать очень

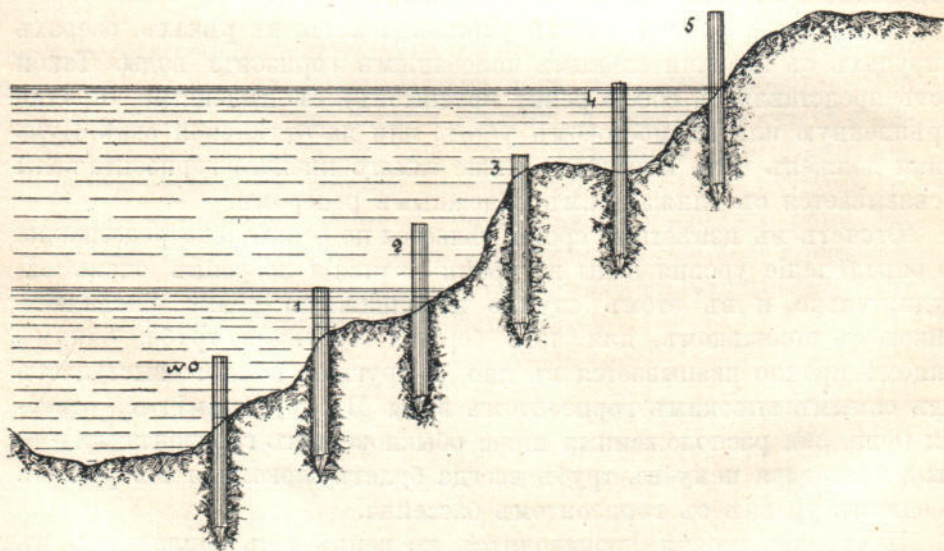


длинную и ставить ее далеко от берега. Въ этомъ случаѣ забивается рядъ свай (фиг. 40) по направленію отъ берега къ серединѣ рѣки



Фиг. 39.

такимъ образомъ, чтобы голова первой нижней сваи была на 0,5 саж. ниже меженного горизонта; слѣдующая за нею вторая на 0,5 саж.



Фиг. 40.

выше первой, третья на столько же выше второй и т. д., до точки, выше которой уже нельзя ожидать поднятія уровня. Сваи нумеруются отъ 0 на нижней, затѣмъ по порядку № 1, № 2 и т. д. Сверху сваи



обиваются желѣзомъ, а въ предупрежденіе поврежденій льдомъ и плавающими предметами ограждаются рядомъ обыкновенныхъ свай, забитыхъ частоколомъ съ небольшими прозорами между ними. Измѣреніе производится рейкою длиною въ 0,50 саж., которая ставится на сваю, прикрытую водою, такъ, если уровень воды находится между сваями № 3 и 4, то рейка ставится на голову сваи № 3 и если урѣзъ воды по рейкѣ совпадаетъ съ дѣленіемъ 0,245 саж., то слѣдовательно горизонтъ воды въ моментъ опредѣленія будетъ  $(0,5 \times 3) + 0,245 = 1,5 + 0,245 = 1,745$  саж.

Указанные способы измѣреній учитываютъ колебанія грубо, съ точностью не больше 0,002 и только въ самый моментъ наблюденія, тѣ же измѣненія, которыя происходятъ въ промежуткахъ между отсчетами проходятъ незамѣченными. Поэтому для полученія картины болѣе точнаго и главное непрерывнаго хода колебаній уровня воды въ бассейнѣ, употребляются самопишущіе приборы. Простѣйшимъ по конструкции, но въ то же время весьма портативнымъ, регистрирующимъ приборомъ является *Гидрографъ Ришара*. Онъ состоитъ изъ часового механизма въ цилиндрѣ съ недѣльнымъ оборотомъ; перо механизма чертитъ на цилиндрѣ непрерывную кривую горизонта воды; другая важная часть прибора—мѣдный поплавокъ, діаметромъ въ 0,15 метра, плавающий въ водѣ и подвѣшенный на тонкой проволоцѣ изъ красной мѣди; проволока переброшена черезъ шкивъ, движенія котораго передаются рычажку съ перомъ.







## Глава I.

### ПЕРЕМѢЩЕНІЕ ВОДЫ.

#### 1. Канавы.

Перемѣщеніе воды выполняется искусственными сооруженіями двоякаго устройства: открытыми канавами (каналами) и трубами.

Открытою канавою <sup>1)</sup> называется болѣе или менѣе длинная и узкая выемка въ землѣ, имѣющая только продольный уклонъ дна, которое въ поперечникѣ всегда горизонтально.

При выборѣ формы поперечнаго профиля канавы необходимо помнить, что при одинаковости площадей, та изъ канавъ будетъ проводить большій ея расходъ, у которой подводный периметръ (см. стр. 22) меньше. Неукрѣпленной канавѣ дается поперечное сѣченіе трапециoidalнаго профиля (фиг. 41).



Фиг. 41.

При назначеніи величины откосовъ  $ae$  и  $bx$  надо сообразоваться съ плотностью и устойчивостью грунта; такъ, одинарный откосъ (1:1) примѣняется при суглинистой почвѣ и, когда глубина канавы не велика (не больше 0,50 саж.) полуторный откосъ (1:1 $\frac{1}{2}$ ) дается грунтамъ черноземнымъ и супесчанымъ двойной (1:2)—для песчаныхъ и глинистыхъ; наконецъ, тройной и еще болѣе пологій откосъ назначается для слабыхъ иловатыхъ земель.

Размѣры сѣченія канавы, т. е. глубина ея, ширина по верху и по дну зависятъ отъ величины расхода, но по дну ширина не дѣлается уже, чѣмъ въ 0,10 саж., такъ какъ это обыкновенная ширина лопаты, которою роется канава.

<sup>1)</sup> Канава и каналъ понятія однозначущія, только каналами называются канавы большихъ размѣровъ, а также судоходныя.



При опредѣленіи глубины канавы надо имѣть въ виду, что чѣмъ меньше глубина, тѣмъ (для той же площади сѣченія) должна быть больше ширина дна, тѣмъ большую полосу земли приходится занимать подъ канаву; затѣмъ неудобство мелкихъ канавъ заключается еще и въ томъ, что такія канавы скорѣе заплываютъ, затаптываются скотомъ и заваливаются. Съ другой же стороны недостатки очень глубокихъ канавъ заключаются въ трудности ихъ рытья, возрастающей по мѣрѣ углубленія, кромѣ этого съ увеличеніемъ глубины увеличивается давленіе воды на грунтъ и просачиваніе сквозь дно и бока. Для каждаго угла наклоненія откоса существуетъ наивыгоднѣйшее отношеніе глубины и ширины по дну канавы. Въ таблицѣ (см. стр. 24) помѣщены величины этихъ отношеній. Пользуясь этою таблицей, достаточно только знать площадь сѣченія канавы, чтобы подобрать всѣ ея размѣры.

При этомъ уровень воды въ канавѣ долженъ быть ниже бровки не менѣе, какъ на 0,15 саж., и этотъ запасъ надо имѣть въ виду при расчетѣ отверстія канавы.

Максимальнымъ уклономъ дна канавъ безъ укрѣпленія считается 0,01; но такой большой уклонъ дается только отводнымъ (напр., дорожнымъ) канавамъ, обыкновенно же уклонъ неукрѣпленныхъ канавъ выбирается въ предѣлахъ отъ 0,005 до 0,0002.

Въ прямой зависимости отъ уклона находится скорость. При скорости въ 0,12 саж. въ секунду на днѣ канавы отлагается муть, подвѣшенная въ движущемся потокѣ, и появляется водная растительность, вода при этомъ застаивается и портится; скорость же большая 0,40 саж. въ секунду разрушаетъ откосы, отрывая отъ нихъ частицы грунта. Въ этихъ двухъ предѣлахъ выбирается скорость для канавы. Для лотковъ съ каменнымъ мощеніемъ на растворѣ скорость допускается до 2-хъ саж., для лотковъ же съ одиночнымъ мощеніемъ насухо — до 1-й саж. Самая лучшая кирпичная кладка не выдерживаетъ скорости большей 2 саж., а булыжниковая разрушается при скорости въ 2,5 саж.; при этомъ вода несетъ двухпудовые камни. Въ деревянныхъ лоткахъ скорость можетъ быть допущена до 3 саж., а въ бетонныхъ не больше 4 саж. Предѣльнымъ же уклономъ слѣдуетъ считать:

для суглинистаго грунта . . . . .	0,01
„ мощеныхъ поверхностей . . . . .	0,10
„ дерновки . . . . .	0,15
„ кирпичныхъ лотковъ . . . . .	0,30
„ деревянныхъ лотковъ . . . . .	1,00
„ бетонныхъ лотковъ . . . . .	1,50

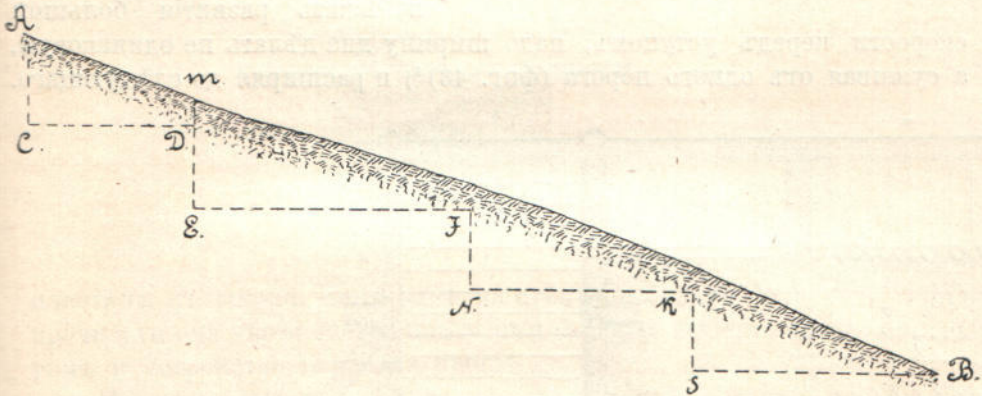
при чемъ, эти цифры надо брать только въ исключительныхъ случаяхъ и безъ особой необходимости не слѣдуетъ переходить за ихъ половину.



Всякая канава рассчитывается на опредѣленный расходъ, т. е. такъ, чтобы въ единицу времени (въ 1 секунду) она доставила нужное количество воды  $Q$ . Чтобы рассчитать поперечное сѣченіе канавы на этотъ заданный расходъ, прежде всего соображаются съ уклономъ и съ качествомъ грунта, съ степенью его размываемости, и руководствуясь формулою скорости

$$v = c \sqrt{Ri}$$

комбинируютъ величины скорости ( $v$ ), сѣченія ( $F$ ) и уклона ( $i$ ) такъ, чтобы получить требуемый расходъ  $Q$ , не перейдя предѣла ни скорости, ни уклона (см. приложение въ концѣ книги). На большой длинѣ рѣдко удастся выдержать одинъ уклонъ и, чтобы отъ начала до конца канаву провести съ тѣмъ же расходомъ, приходится, соображаясь съ условіями рельефа, измѣнять уклонъ и размѣры сѣченія.



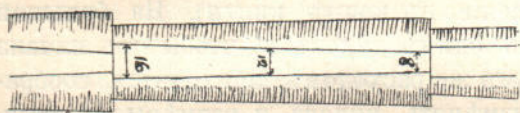
Фиг. 42.

Если уклонъ мѣстности на столько великъ, что превосходитъ предѣльный, который можно дать канавѣ, то послѣднюю ведутъ уступами (перепадами). Пусть, напримѣръ, требуется вести канаву на протяженіи 500 сажень по мѣстности, уклонъ которой 0,005, уклонъ же проектируемой канавы пусть долженъ быть не больше 0,002. Итакъ, все паденіе мѣстности на протяженіи 500 сажень составитъ  $0,005 \times 500 = 2,5$  саж., а паденіе дна канавы  $= 0,002 \times 500 = 1$  саж. Вычитая  $2,5 - 1$ , получимъ 1,5. Слѣдовательно, если канаву повести съ уклономъ въ 0,002, то дно ея на протяженіи 500 саж. понизится на 1 саж.; остающіяся же 1,5 саж. можно понизить перепадами въ 0,3 саж. высотой. Всѣхъ перепадовъ будетъ  $1,5 : 0,3 = 5$  и размѣщеніе ихъ по длинѣ линіи удобнѣе всего найти весьма несложнымъ построениемъ. Для этого на клѣтчатой бумагѣ проводимъ линію  $AB$  длиною въ 500 саж. такъ, чтобы точка  $A$  (фиг. 42) была выше точки  $B$  на 2,5 саж.; тогда  $AB$  изобразитъ линію на мѣстности. Отъ точки  $A$  по вертикалу внизъ отложимъ глу-



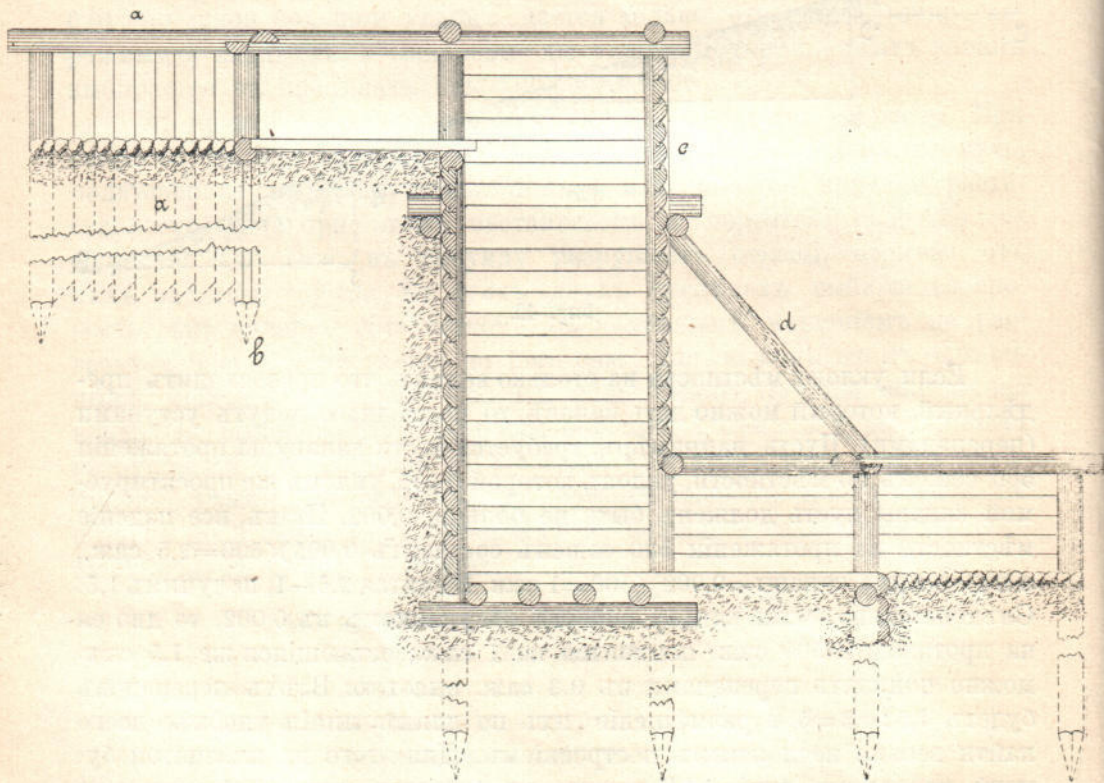
бину канавы  $AC$  и изъ  $C$  проведемъ  $CD$  съ заданнымъ уклономъ. Въ томъ мѣстѣ, гдѣ проектная линія  $CD$ , подходит къ  $AB$  намѣчаемъ первый перепадъ  $DE$ ; при чемъ точка  $D$  должна быть выбрана съ такимъ расчетомъ, чтобы вода изъ канавы не вышла на поверхность земли, т. е., чтобы  $Dm$  было не меньше заданной высоты воды въ канавѣ. Затѣмъ изъ точки  $E$  ведемъ линію канавы съ тѣмъ же уклономъ до слѣдующаго перепада  $FH$ ; также получается и третій уступъ  $KS$ , послѣ котораго въ точкѣ  $B$  канава по заданію выходитъ на дневную поверхность.

Такъ какъ вода, падающая съ уступа, развиваетъ большую скорость и производитъ разрушеніе русла, то дно и стѣнки канавы до и послѣ перепада укрѣпляются деревомъ или камнемъ.



Фиг. 43.

Кромѣ этого, чтобы избѣжать развитія большой скорости передъ уступомъ, надо ширину дна дѣлать не одинаковую, а суживая отъ одного порога (фиг. 43)<sup>1)</sup> и расширяя до слѣдующаго.



Фиг. 44.

<sup>1)</sup> На фиг. 43 предполагается движеніе воды справа налѣво.



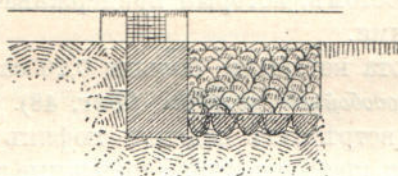
Такъ, напр., если дно должно имѣть ширину 12 сотокъ, то выше порога его дѣлають въ 16, а подъ порогомъ въ 8 сотокъ.

Укрѣпляются перепады различно, въ зависимости отъ размѣровъ уступа и имѣющагося подъ руками матеріала.

На фиг. 44 представленъ типъ очень прочнаго, сильнаго деревяннаго перепада для тѣхъ случаевъ, когда вода падаетъ съ очень большой (до  $1\frac{1}{2}$  саж.) высоты. Такой перепадъ имѣетъ у входа шпунтовые крылья *a*, шпунтовой порогъ *b*, стѣны его выполняются изъ



*Продольный разрезъ*

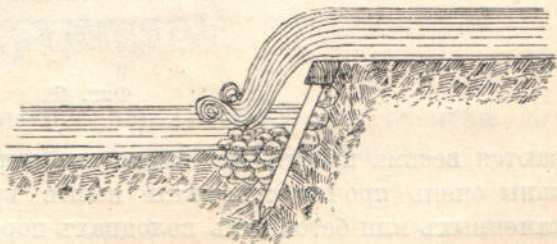


Фиг. 45.

пластинъ въ закрой. Такъ какъ на стѣнку *c* будетъ бить вода, то для прочности она укрѣпляется подкосами *d*. Чѣмъ высота паденія меньше, тѣмъ и устройство перепада проще.

Каменные перепады дѣлаются на цементѣ. Стѣнка порога врѣзывается въ бока канавы на 0,30 саж.; она должна быть заложена на прочномъ основаніи и толщина ея должна быть около половины высоты. Бока канавы и дно у входа въ перепадъ и по выходѣ изъ него также складываются на гидравлическомъ растворѣ и оштукатуриваются цементомъ въ составѣ 1:3. Значительно лучшимъ для такихъ сооружений является бетонъ.

Если высота перепада не велика, напр., 0,08—0,10 саж., то совершенно достаточно стѣнку сдѣлать изъ бутоваго камня на мху или на навозѣ, толщиной, равною высотѣ порога (фиг. 45);

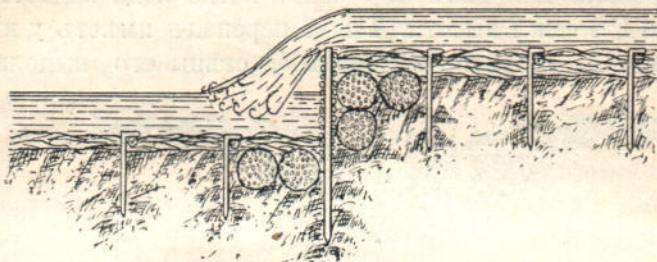


Фиг. 46.

дно вымачивается камнемъ на длину вдвое большую высоты порога; такое же мощеніе дѣлается за порогомъ и по откосамъ канавы.



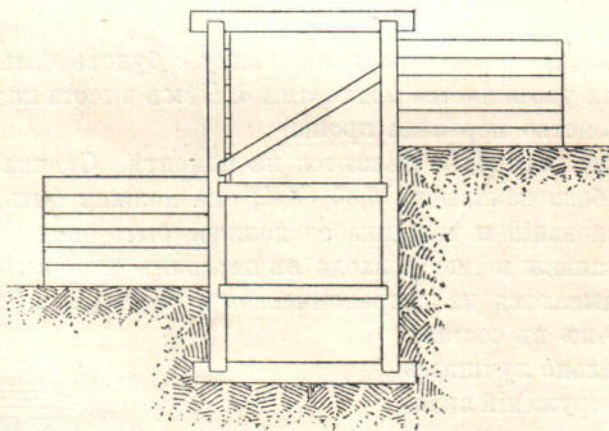
Простѣйшіе перепады устраиваются также изъ наклонно вбитыхъ сваекъ съ заборкою стѣнки порога (фиг. 46) или изъ фашинъ (фиг. 47), при этомъ, фашины концами своими запускаются въ откосы канавы. Подъ падающей струей водобой дѣлается или изъ каменной наброски или изъ фашинной стельки, а до порога и за нимъ дно и стѣнки



Фиг. 47.

канавы выстилаются хворостомъ, который придерживается притугами и крючкообразными кольями.

На перепадахъ, высота которыхъ больше 0,20 саж., необходимо ставить *успокоители* или *водобойные колодцы* (фиг. 48). Падающая съ уступа въ колодецъ вода встрѣчаетъ водяной туюфакъ и успокоенная плавно переливается черезъ край колодца. Деревянные колодцы устраи-



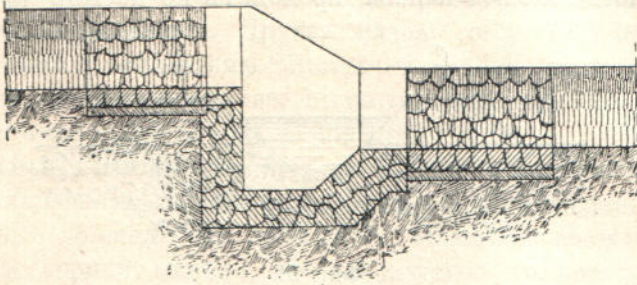
Фиг. 48.

ваются весьма просто, что видно изъ чертежа, но должны быть сдѣланы очень прочно и должны имѣть крѣпкій надежный полъ. Въ каменныхъ или бетонныхъ колодцахъ порогъ иногда дѣлается наклоннымъ (фиг. 49).

Колодцамъ дается глубина отъ 0,30 до 0,50 саж., при чемъ разность высотъ стѣнокъ должна быть не меньше 0,15—0,20 саж.; иначе вращательное движеніе, образующееся въ колодцѣ, не успокаиваетъ,

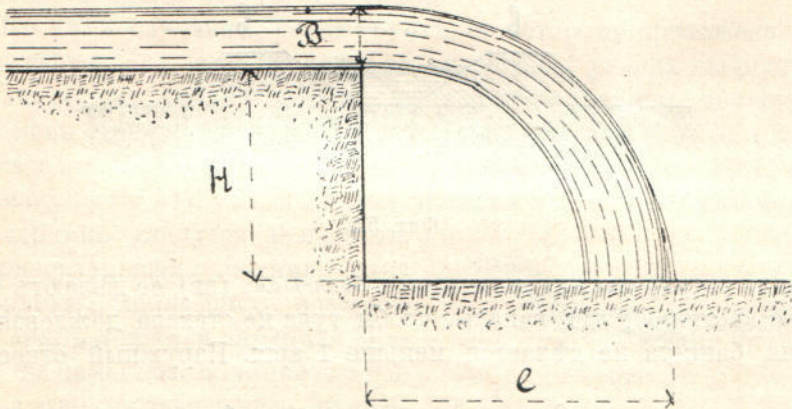


а наоборотъ, развиваетъ скорость падающей воды. Что же касается длины колодца (по теченію воды), то она опредѣляется на основаніи того положенія, что падающая въ колодець вода описываетъ параболу



Фиг. 49.

(фиг. 50); и если толщина струи будетъ  $= B$ , то разстояніе, на какое упадетъ верхняя струйка, зависитъ не только отъ высоты порога, но



Фиг. 50.

и отъ скорости  $v$ ; разстояніе это можетъ быть опредѣлено по формулѣ

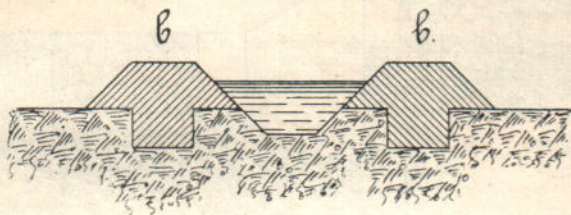
$$l = v \sqrt{\frac{2(H+B)}{g}}$$

Въ успокоителяхъ осаждается иль, поэтому отъ времени до времени ихъ надо чистить, иначе они теряютъ свое значеніе.

Самое выгодное положеніе канавы—въ однообразной выемкѣ, по прямой линіи, безъ крутыхъ изгибовъ, но иногда, напримѣръ, въ оросительномъ дѣлѣ требуется, чтобы горизонтъ воды въ канавѣ былъ выше окружающей мѣстности, иначе нельзя полить площади, тогда

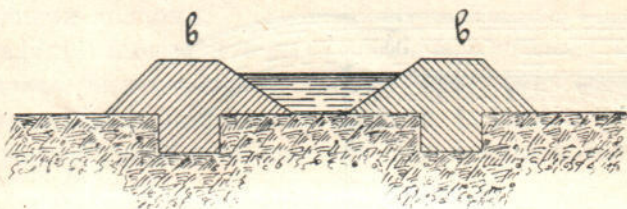


приходится прибѣгать къ насыпямъ, при чемъ въ иныхъ случаяхъ, канава только частью идетъ въ насыпи, а частью въ выемкѣ (фиг. 51); иногда дно канавы идетъ по поверхности земли, а бока въ насыпяхъ (фиг. 52), иногда же вся канава проходитъ по насыпи (фиг. 53). Во



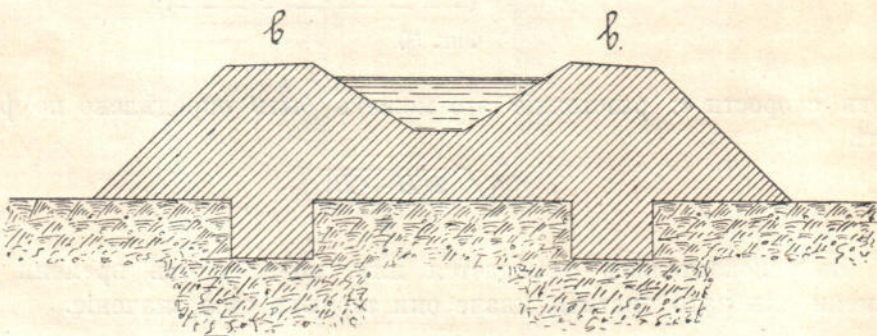
Фиг. 51.

всѣхъ этихъ случаяхъ для сопряженія насыпи съ грунтомъ необходимо устраивать такъ называемые замки, т. е. подъ насыпью во всю ея длину надо вырыть ровъ, который и забить плотно землею насыпи.



Фиг. 52.

Площадка сверху насыпи называется *банкетомъ* (вв), ее дѣлаютъ слегка покатою въ сторону отъ канавы, чтобы туда не стекала дождевая вода. Ширина банкета не дѣлается меньше 1 арш. Наружный откосъ на-



Фиг. 53.

сыпи дѣлаютъ полуторный и для укрѣпленія засѣваютъ смѣсью овса съ травами: костра, тимopheевки и овсяницы, корни которыхъ даютъ скрѣпляющій густой войлокъ. Насыпи представляютъ очень много неудобствъ, поэтому ихъ насколько возможно надо избѣгать.



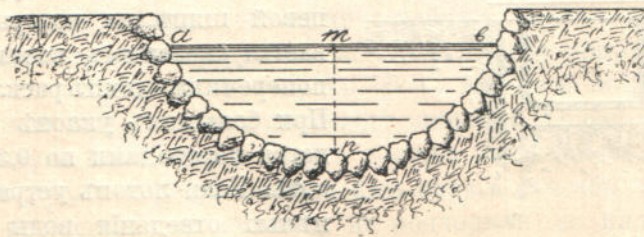
Главный недостатокъ насыпей тотъ, что онѣ почти всегда водопроницаемы; потеря воды происходитъ какъ черезъ дно, такъ и черезъ стѣнки. Филтрація особенно сильна въ началѣ; потомъ, когда дно и откосы заcolmатируются, т. е. когда произойдетъ заиленіе, тогда просачиваніе уменьшается. Другая слабая сторона насыпей та, что онѣ подвергаются осѣданіямъ. Наконецъ, очень большую опасность для насыпей представляютъ въ степныхъ мѣстахъ Россіи суслики, которые вырываютъ въ откосахъ норы.

Постройка насыпей должна быть выполняема возможно аккуратно. Землю надо насыпать тонкими слоями и сильно ее трамбовать. Почва подъ насыпью должна быть взрыхлена; въ самой насыпи не должно быть вѣтокъ, корней, камней, вообще ничего, что могло бы впослѣдствіи вызвать просачиваніе. Если канава идетъ по косогору, то чтобы въ нее не попали постороннія воды, стекающія съ возвышенности, роется отводная нагорная канава, спускающая воду куда-нибудь въ низины. То же дѣлается, когда канава идетъ въ насыпи и является опасность подмыва со стороны ската.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтъ, по которому проложена канава, пропускаетъ воду, или же когда отъ переменъ уклона скорость сразу и значительно увеличивается, дно и откосы канавы должны быть укрѣплены. Простѣйшее укрѣпленіе дерновое. Дернъ на дно кладется въ два слоя такъ, чтобы шовъ не приходился противъ шва, т. е. въ перевязку (фиг. 54), а въ бока укладывается въ такъ называем. стѣнку, т. е. дернины кладутся не плашмя, а горизонтальными рядами, одна на другую. Наилучшею одеждою для канавъ является каменная. Канавы съ каменною облицовкою дѣлаются или дугообразнаго очертанія (лотки), или обыкновеннаго трапециoidalнаго, или съ вертикальными стѣнками.



Фиг. 54.

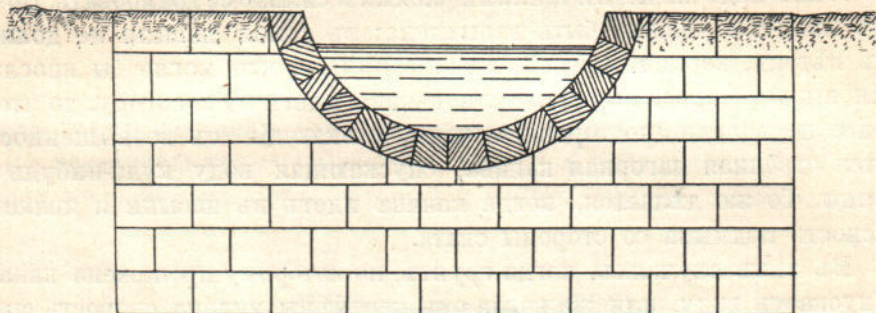


Фиг. 55.

Въ лоткахъ камни ставятся тычкомъ (фиг. 55), при чемъ ряды тычковъ располагаются перпендикулярно теченію. По серединѣ дѣлается такъ называемая простановка — камни берутся болѣе круп-



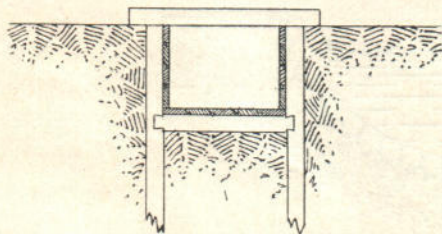
ные. Кладка ведется или на сухо или на навозѣ или, наконецъ, на соломѣ. Стрѣлка лотка *mn* составляетъ около одной трети хорды *ab*. Такой лотокъ примѣняется при уклонѣ до 0,05; при большемъ же уклонѣ надо черезъ 5—10 саж. (въ зависимости отъ крутизны), устраивать упорные пояса въ видѣ стѣнокъ (фиг. 56), сложенныхъ на гидравлическомъ растворѣ и запущенныхъ какъ въ дно, такъ и въ бока на 0,50 саж. Въ лоткахъ отмачивать бока надо выше наибольшаго горизонта воды, такъ какъ наибольшее поврежденіе канавы происходитъ по линіи уровня воды. Для правильнаго построенія лотка



Фиг. 56.

употребляется шаблонъ, состоящій изъ двухъ одинаковыхъ и параллельно скрѣпленныхъ деревянныхъ сегментовъ.

Деревянные лотки устраиваются весьма просто (фиг. 57), въ землю не меньше какъ на 0,50 с. отъ поверхности забиваютъ по парно свайки, въ которыя торцевымъ шипомъ загоняютъ поперечины въ томъ мѣстѣ, гдѣ должно приходиться дно канавы. Эти пары столбиковъ располагаются на разстояніи 1 с. пара отъ пары. Высота столбиковъ берется по расчету живого сѣченія съ прибавкою на запасъ 0,15 с. На поперечины настилаются вершковыя доски и пришиваются 4 дюймовыми гвоздями. Такими же досками обшиваются и стѣнки



Фиг. 57.

лотка. На стойкахъ нарубается торцевой шипъ, на который насаживается сквознымъ пазомъ верхняя поперечина и шипъ расклинивается. При большемъ уклонѣ лотокъ ведется перепадами по 0,30 с. въ высотѣ. Если лотокъ устраивается съ цѣлью отведенія воды въ низкія мѣста, то выходной конецъ лотка дѣлается горизонтальнымъ и рас-

ширяется (въ  $1\frac{1}{2}$  раза) воронкой, чтобы водѣ облегчить выходъ и уменьшить ея разрушительную скорость. Всѣ части лотка непременно осмаливаются.

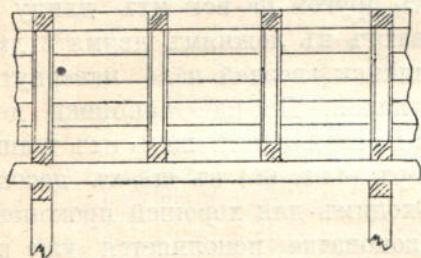


Когда канава пересѣкаетъ ложбину, впадину, ручей или оврагъ, то вода проводится черезъ такія низины по желобу.

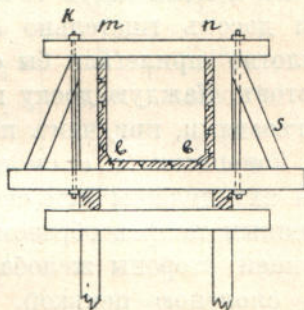
Желобъ дѣлается изъ досокъ въ закрой, скрѣпленныхъ черезъ каждыя полсажени хомутами. Надо принять мѣры, чтобы между дномъ канавы и желобомъ не было протеканія; съ этою цѣлью надо въ дно канавы и подъ желобомъ втрамбовать щебень и пролить его цементнымъ растворомъ.

Если желобъ надо перебросить черезъ какую-нибудь впадину, напр., черезъ оврагъ, то его надо подпереть на вѣсу черезъ каждыя 1 — 1½ саж. и такой желобъ носить названіе *акведука*.

Акведукъ нечто иное, какъ водопроводный мостъ. Опоры его, какъ и всякаго моста состоятъ изъ устоевъ и быковъ. На опоры употребляются сваи, забитыя по двѣ въ рядъ. Разстояніе сваи отъ сваи въ ряду зависитъ отъ ширины желоба и должно быть таково, чтобы надъ сваями приходились бока желоба. На сваяхъ накрубаются



Фиг. 58.



Фиг. 59.

шипы, на нихъ насаживаются насадки и расклиниваются. Само собой разумѣется, что прежде зарубанія шиповъ верхушки свай должны быть спилены по такой линіи, которая бы шла съ нужнымъ для акведука уклономъ. На насадки укладываются два прогона. Толщина ихъ должна быть не меньше 5 вершковъ, располагать прогоны надо непременно надъ сваями; чтобы не ослаблять прогоновъ, въ нихъ нельзя дѣлать глубокихъ врубокъ, а только слегка прирубить, чтобы прогонъ не соскользнулъ съ насадки. Если высота и ширина желоба не больше 0,50 саж., то пролетъ между опорами дѣлается до 2 саж. Высота акведука надъ дномъ оврага должна быть такова, чтобы онъ не стѣснялъ русла, перекрываемого имъ оврага и чтобы самая высокая вода, проходящая по тальвегу не подходила до нижней грани прогоновъ. На построенный такимъ образомъ мостъ помещается желобъ акведука (фиг. 58 и 59).

На прогоны черезъ каждыя 0,50 саж. укладываются поперечины (лежни), при чемъ ихъ на 0,01 саж. накрубають на прогоны. Концы лежней должны выходить за линію прогоновъ не менѣе какъ на по-



ловину ширины желоба *mn*. Съ верхней стороны cadaго лежня выдалбливаютъ въ полдерева два гнѣзда. Въ гнѣзда устанавливаютъ боковыя стойки, высота которыхъ опредѣляется наибольшимъ уровнемъ воды въ желобѣ. На шипы боковыхъ стоекъ насаживаются верхнія поперечины и связываются съ лежнями болтами *k*. Затѣмъ стойки подпираются подкосами *z*. Въ такомъ собранномъ остоѣ желоба укладываютъ по половымъ лежнямъ два угловые бруска (четверти), врубая ихъ около 0,01 с. въ лежни и стойки, а между этими угловыми брусками *b* настилаютъ полъ досками, толщиною въ  $1\frac{1}{2}$  вершка. Такими же досками гладко обшиваютъ стѣнныя стойки внутри. При настилкѣ пола и обшивкѣ стѣнъ избѣгаютъ дѣлать стычку досокъ пола и стѣнъ на одномъ и томъ же лежнѣ. Въ половыхъ доскахъ четвертей вынимать не слѣдуетъ, потому что отъ продолжительнаго пребыванія подъ водою закраины четвертей разбухаютъ, коробятся и раскрываютъ пазы. Конопатка въ пазахъ держится плохо, выносится теченіемъ и полъ даетъ течъ. Несравненно лучше дѣлать полы такъ: кромки досокъ тщательно фугуютъ, чтобы поставленные на ребро онѣ плотно прилегали бы одна къ другой на всю ихъ длину безъ просвѣтовъ. Каждую доску прибиваютъ къ лежнямъ двумя 6 дюймовыми гвоздями, при чемъ подъ шляпки гвоздей надо навернуть немного конопатки, т. е. смоленной пакли. Прежде прибивки досокъ кромки ихъ должны быть скошены по всей длинѣ на  $\frac{1}{3}$  ихъ толщины. Полученный такимъ образомъ зазоръ (фиг. 60) въ швахъ досокъ съ внутренней стороны желоба необходимъ для хорошей проконопатки швовъ смоленою пенькой. Эта конопатка исполняется уже послѣ окончательной прибивки досокъ. Что же касается досокъ стѣнныхъ, то онѣ прибиваются къ стойкамъ въ закрой. Послѣ конопатки всѣ деревянныя части желоба осмаливаются горячимъ составомъ вара съ дегтемъ поровну. Осмолку слѣдуетъ повторить (послѣ просушки и затвердѣнія) раза три. Чѣмъ толще доски, тѣмъ глубже пазы



Фиг. 60.

и тѣмъ крѣпче держится конопатка.

Въ акведукахъ сохраняется тотъ же уклонъ, какъ и въ канавахъ, глубина же воды въ немъ не должна доходить до верха желоба на 0,20 саж.

Такъ какъ самое слабое мѣсто акведука въ его соединеніи съ землянымъ русломъ канавы и въ этомъ мѣстѣ чаще всего случаются прорывы, то поэтому въ началѣ и концѣ акведука дѣлаютъ шпунтовые стѣнки изъ дубовыхъ досокъ, а дно и откосы канавы на протяженіи 2 саж. также обдѣлываются досками.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда канава пересѣкается дорогою или другою канавою прибѣгаютъ къ устройству обратныхъ сифоновъ (дюкеровъ) <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> См. стр. 72.



Мѣстность, по которой предполагается проведение канала должна быть про nivelлирована.

Затѣмъ составляется продольный профиль, на которомъ наносится проектная линія дна, обозначаются красныя отмѣтки и вычисляется количество земляныхъ работъ по журналу, примѣрно такой формы.

Журналъ вычисленія земляныхъ работъ при устройствѣ канала № 87.

№№ пикетовъ.	Разстоя- ніе.	Глубина выемки.	Ш и р и н а.		П л о щ а д и.		Объемы.	Примѣ- чаніе.
			По дну.	По верху.	Частныя.	Среднія.		
0		0,66	0,24	2,20	0,81			
1	50	0,68	0,24	2,16	0,82	0,82	41,00	
2	50	0,68	—	2,24	0,85	0,84	42,00	
3	50	0,74	—	2,30	0,94	0,90	45,00	
4	50	0,68	—	2,28	0,84	0,89	44,50	
5	50	0,66	—	2,26	0,83	0,84	42,00	
6	50	0,64	—	2,24	0,79	0,81	40,50	
7	50	0,62	—	2,20	0,76	0,78	39,00	

При проведеніи линіи канала надо избѣгать крутыхъ поворотовъ линія должна постепенно изъ прямой переходить въ плавную кривую съ радіусомъ не меньше 50 саж.

Разбивка работы на мѣстности производится такъ: на пикетахъ, гдѣ стояла рейка выставляются колышки съ надписью, на какую глу-



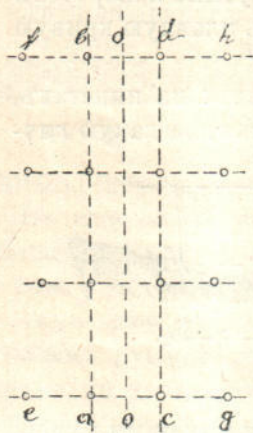
Фиг. 61.

бину требуется сдѣлать выемку. Пространство между пикетами разбивается на части, по 5 саж. каждая, и глубина выемки на этихъ пяти-саженкахъ опредѣляется визирками. Для этого одна визирка ставится на одномъ (начальномъ) пикетѣ, а другая на второмъ (слѣдующемъ), при чемъ эта вторая визирка ставится не на землю с, а или поднимается надъ нею (см. фиг. 61) или опускается въ землю настолько, чтобы



разстояніе отъ конца визирки  $s$  до проектной линіи дна канавы  $mn$ , т. е. величина  $sn$  была равна проектной глубинѣ канавы  $bm$ . Имѣя подъ руками готовый разработанный проектъ легко получить всѣ нужныя для цѣлей разбивки величины. Когда двѣ визирки установлены на пикетахъ, третья переносится и устанавливается послѣдовательно на всѣ пятисаженки. Если визирку приходится поднимать (см. фиг. 61), то для нахождения глубины въ этомъ мѣстѣ разстояніе отъ конца визирки до поверхности земли, т. е.  $ef$  вычитается изъ глубины  $bm$ ; если же визирку приходится углублять въ землю, то глубина канавы будетъ равна глубинѣ ямки  $dg$  плюсъ величина  $bm$ . Такъ разбивается все междупикетное разстояніе, приводя глубину къ одному измѣренію  $bm$ . Отъ слѣдующаго пикета глубина приводится по отношенію къ глубинѣ  $sn$  и т. д. Не трудно видѣть, что если нивелировка и опредѣленіе проектныхъ глубинъ  $bm$ ,  $sn$  и т. д. сдѣланы вѣрно, то найденная только что описаннымъ способомъ линія дна будетъ идти подъ однообразнымъ уклономъ, безъ переломовъ. Всѣ полученныя такимъ образомъ опредѣленія полезно записать и выставить на колышкахъ въ соотвѣтственныхъ пятисаженкахъ. Разбитая линія является осью канала.

Послѣ этого перпендикулярно оси откладывается ширина дна канала. Для удобства слѣдуетъ имѣть весьма простой угольникъ въ видѣ буквы  $T$ , сбитый точно подъ прямымъ угломъ. Прежде всего по колышкамъ оси натягивается шнуръ, на него длинною стороною кладется угольникъ, а по краю короткой стороны направо и налево отъ шнура отмѣчаются равныя части, соотвѣтствующія половинѣ дна.



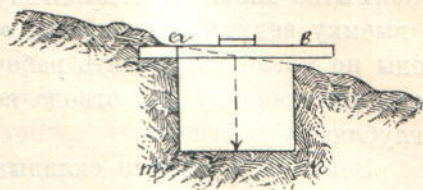
Фиг. 62.

Поступая такъ черезъ каждыя 5 саж., получаютъ обозначенныя боковыми колышками двѣ линіи дна  $ab$  и  $cd$  (фиг. 62). Очень полезно боковые колышки ставить въ два ряда  $ef$  и  $gh$ , при чемъ ряды  $ab$  и  $cd$  точно обозначаютъ ширину дна, а ряды  $ef$  и  $gh$  по бровкамъ откосовъ и непременно въ направленіи перпендикулярномъ къ оси. Эти же ряды колышковъ нужны для провѣрокъ глубины канавы въ пикетныхъ точкахъ, потому что колышки по линіи  $ab$  и  $cd$  уничтожатся при рытьѣ. Затѣмъ приступаютъ къ рытью канавы. Если есть опытные землекопы, то канаву роютъ сразу съ откосами, если же такихъ рабочихъ нѣтъ, то сначала роютъ канаву съ вертикальными стѣнками шириною—по ширинѣ дна, а потомъ уже дѣлаютъ откосы. Въ этомъ второмъ случаѣ по колышкамъ

$ab$  и  $cd$  (см. фиг. 62) натягиваютъ шнуръ, по которому краемъ лопаты отбиваютъ линіи дна (см. фиг. 63). Прежде всего роются участки около пикетныхъ точекъ, т. е. черезъ каждыя 5 сажень; при этомъ рабочій



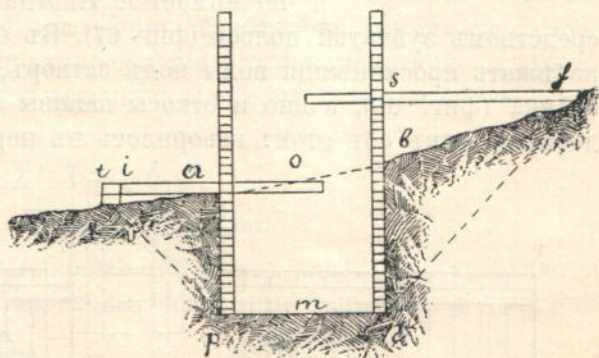
кладеть по поверхности на свое мѣсто уровень (по точкамъ *g* и *h* (фиг. 62) и отъ него опускаеть отвѣсъ длиною равный глубинѣ канавы (по проекту) для даннаго мѣста. Дорывшись до дна въ двухъ ближайшихъ пикетныхъ пунктахъ (черезъ 5 саж.), промежутокъ вынимають, провѣряясь по визиркамъ, въ то-же время, выравнивая дно въ поперечномъ направленіи по уровню. Когда вертикальная выемка сдѣлана, откосы снимають по лекалу.



Фиг. 63.

При рытьѣ канавы одновременно съ откосами, если канава идетъ по горизонтальной мѣстности, работа не представляетъ большой трудности. Если же канава идетъ по кособогу, то откосы отбиваются слѣдующимъ образомъ:

Пусть, напримѣръ, канаву надо рыть съ одинарнымъ откосомъ, при чемъ съ правой стороны мѣстность повышается, а съ лѣвой понижается. Прежде всего отыскивають превышеніе и пониженіе точекъ *a* и *b* по отношенію къ осевой точкѣ *o* (фиг. 64) и такимъ образомъ по заданной проектомъ глубинѣ *om* находятъ глубины *ap* и *br*. Затѣмъ въ точкѣ *b* ставятъ отвѣсно одну рейку, а другую, держа горизонтально, передвигаютъ по первой и по кособогу до тѣхъ поръ, пока длина горизонтальной рейки не будетъ равна глубинѣ канавы *br*, сложенной съ частью *bs* вертикальной и, тогда конецъ горизонтальной рейки обозначить точку откоса *f*, гдѣ и ставится колышекъ. Если бы требовалось отбить полуторный откосъ, то длина по горизонтальной рейкѣ должна быть въ



Фиг. 64.

назадъ до *ti*, опустивъ затѣмъ отвѣсъ изъ *i*, находятъ точку *v*, которая и опредѣлитъ искомую точку откоса. Для полуторнаго же откоса горизонтальная линія *ia* должна быть въ  $1\frac{1}{2}$  раза больше *ap*, а по рейкѣ назадъ откладывается только половина перпендикуляра *tk*. Обо-

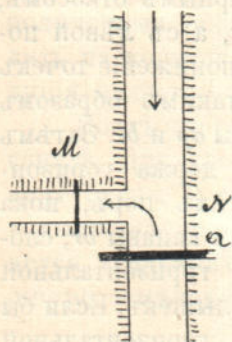


значивъ такимъ образомъ колышками откосы во всѣхъ другихъ пунктахъ, натягиваютъ по колышкамъ шнуръ и отбиваютъ линіи откосовъ.

Рытье канавъ всегда слѣдуетъ начинать съ пониженнаго конца и выемку ведутъ слоями, при этомъ, чтобы дождевая или грунтовая вода не могли затруднять рабочихъ, по оси выемки вырываютъ кюветъ или канавку для отвода воды и, по мѣрѣ углубленія выемки, углубляютъ и кюветъ.

Земля изъ выемки складывается на нагорномъ берегу въ валики, которые предохраняютъ канаву отъ верховыхъ водъ.

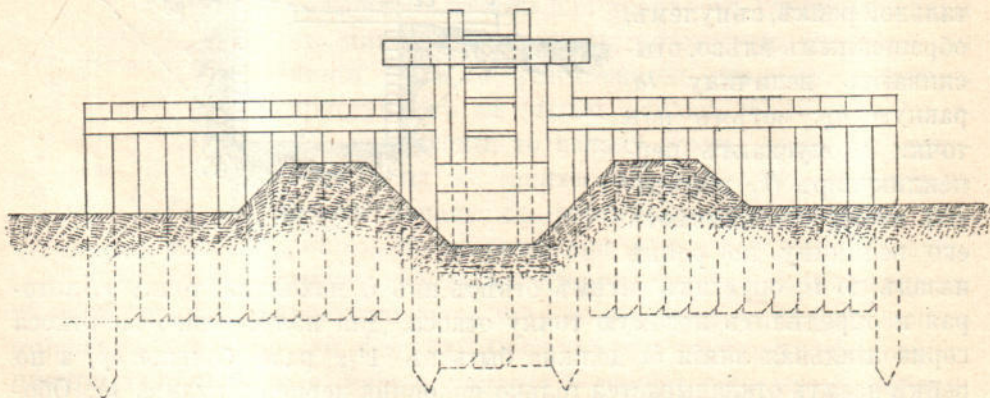
Если канава ведется съ уступами, то на перепадахъ нельзя сохранить однообразнаго наклона откосовъ и такъ какъ за порогомъ высота выемки сразу увеличивается, то и откосъ долженъ быть врызанъ въ бока дальше, и тогда планъ канавы съ дномъ и откосами принимаетъ видъ, изображенный на фиг. 3.



Фиг. 65.

Въ томъ случаѣ, когда изъ одной канавы воду надо пропустить въ другую, примыкающую къ первой, то ниже входа второй въ *а* (фиг. 65) ставится щитовой затворъ. Рама затвора состоитъ изъ двухъ вертикальных косяковъ, въ которыхъ вынуты четверти. Косяки тщательно соединяются шипами внизу съ порогомъ, а сверху съ перекладиной. Все густо осмаливается. Въ фальцахъ косяковъ ходитъ щитъ. Послѣдній дѣлается изъ дубовыхъ досокъ, соединенныхъ въ закрой и скрѣпленныхъ желѣзными накладками, которые сверху оканчиваются ручками (фиг. 66), за которыя щитъ и поднимается. Иногда подъемъ совершается по-

средствомъ зубчатой полосы (фиг. 67). Въ большихъ каналахъ, чтобы избѣжать просачиванія воды подъ затворъ, устраивается шпунтовая стѣнка (фиг. 66), а дно и откосы канавы за затворомъ укрѣпляются досками, какъ объ этомъ говорилось въ перепадахъ.

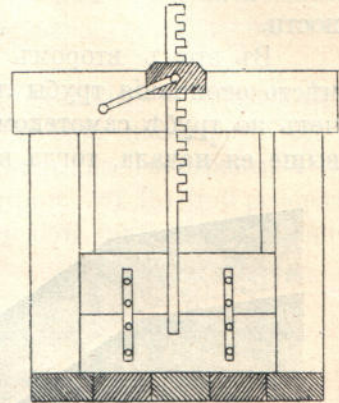


Фиг. 66.



Когда канава вполне закончена, воду не слѣдуетъ пускать полнымъ сѣченіемъ и сразу, а постепенно; при этомъ надо слѣдить за нею и немедленно исправлять всѣ малѣйшія неточности и ошибки, которые неизбежно случаются при исполненіи работъ.

Съ теченіемъ времени канавы приходятъ въ разстройство и не выполняютъ своего назначенія. Если канава невѣрно рассчитана или плохо исполнена, если уклонъ очень малъ, то вода, несущая илъ, осаждастъ его на дно, образуя постепенно подпоръ, то же самое осажденіе ила происходитъ на крутыхъ поворотахъ, при рѣзкомъ измѣненіи уклона и при оплываніи слишкомъ крутыхъ откосовъ. Однимъ изъ главныхъ враговъ канавъ является растительность, уменьшающая величину площади сѣченія и способствующая осажденію наносовъ. Особенно опасными являются поврежденія въ насыпяхъ и перепадахъ.



Фиг. 67.

Всякая порча и неисправности въ частяхъ канавы должны быть безотлагательно исправлены, а причину неисправности надо постараться устранить. При чисткѣ канавы надо острою лопатой подрѣзывать стебли растений (но не вырывать ихъ съ корнемъ); снимая же наносы, не слѣдуетъ счищать ихъ совершенно начисто, такъ какъ муть, илъ способствуетъ прекращенію фильтраціи; тѣмъ болѣе нельзя трогать уже устоявшихся откосовъ. Иногда при проведеніи канавы въ откосъ попадаетъ камень; въ видахъ экономіи камень этотъ не вынимается изъ откоса, но когда грунтъ ослабѣваетъ, камень сползаетъ и образуетъ подпоръ; въ предупрежденіе этого камень надо удалять и свѣже насыпанный откосъ укрѣпить мостовою или плетнемъ.

## 2. Трубы.

(Водопроводы и водостоки).

Для перемѣщенія воды, кромѣ открытыхъ канавъ, употребляются канавы закрытыя или трубопроводы, названные такъ потому, что они состоятъ изъ трубъ.

Движеніе воды въ трубахъ отличается отъ движенія ея въ каналахъ тѣмъ, что трубопроводы могутъ быть пролагаемы не только по уклонамъ внизъ, но и по подъемамъ вверхъ и слѣдовательно, воду по трубамъ можно проводить по оврагамъ и по возвышеніямъ, не употребляя ни водопроводныхъ мостовъ (акведуковъ), ни тоннелей, а лишь укладывая трубы въ грунтъ на такую глубину, при которой онѣ не могли бы промерзнуть (фиг. 68).

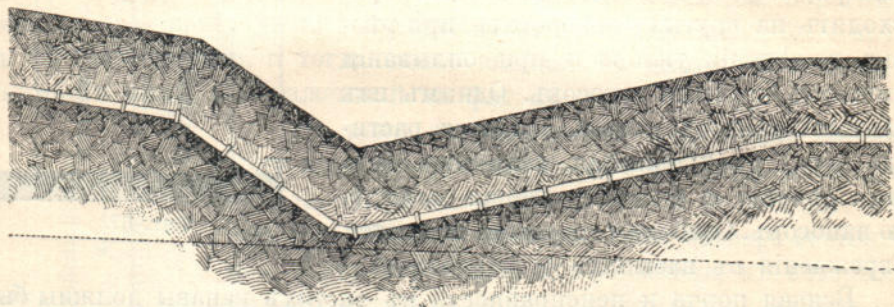


Перемѣщеніе воды по трубамъ можетъ совершаться двояко:

1) или неполнымъ сѣченіемъ и самотекомъ, когда линія канала идетъ по однообразному уклону,

2) или же полнымъ сѣченіемъ подъ напоромъ, когда линія канала идетъ съ переменнымъ уклономъ, параллельно рельефу мѣстности.

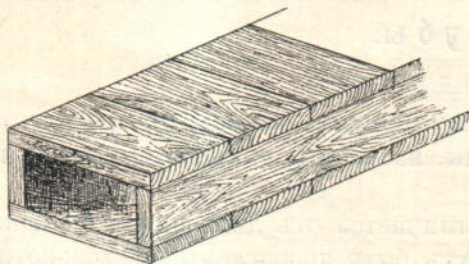
Въ этомъ второмъ случаѣ возможны два положенія: а) когда мѣсто окончанія трубы лежитъ ниже, чѣмъ ея начало, тогда вода течетъ по трубѣ самотекомъ, и б) когда мѣсто окончанія трубы лежитъ выше ея начала, тогда вода нагнетается насосомъ.



Фиг. 68.

При движеніи не подъ напоромъ и не полнымъ сѣченіемъ примѣняются трубы деревянныя (четыреугольныя) и бетонныя, дырчатыя, при движеніи же полнымъ сѣченіемъ и подъ напоромъ употребляются деревянныя круглыя трубы, затѣмъ чугунныя, желѣзныя, свинцовыя и гончарныя (последнія для небольшихъ напоровъ).

Деревянныя трубы четырехугольнаго сѣченія дѣлаются изъ крѣпкихъ дубовыхъ досокъ (фиг. 69); боковыя части трубы состоятъ изъ досокъ, положенныхъ вдоль, а нижнія и верхнія части изъ короткихъ досокъ въ закрой и поперекъ трубы. Доски пришиваются гвоздями и осмаливаются внутри и снаружы. Прямоугольное сѣченіе трубы дѣлается съ основаніемъ, вдвое большимъ высоты, при чемъ основаніе не слѣдуетъ дѣлать большимъ аршина. Концы трубы стыкаются въ закрой и скрѣпляются деревянными хомутами.



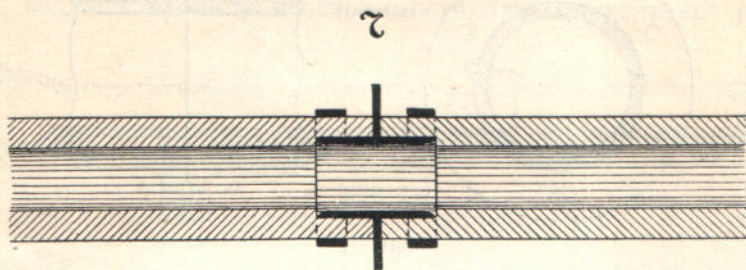
Фиг. 69.

Сверху и съ боковъ труба должна быть сначала завалена глиной, потомъ затрамбована землей, а подъ дно трубы надо проложить дернъ зеленою стороною внизъ.



Круглыя деревянныя трубы высверливаются изъ толстыхъ (6 и болѣе вершковъ въ діаметрѣ) бревенъ сосновыхъ или еловыхъ. Для этого выбираются свѣжесрубленные, ровныя, не сучковатыя бревна и просверливаются сверлами діаметромъ въ 2 дюйма. При этомъ необходимо, чтобы сверло непремѣнно шло центрально. Послѣ сверленія бревно очищаютъ круглыми, гладкими, дубовыми шестами и концы бревенъ стягиваются обручами изъ полосового желѣза въ  $1\frac{3}{4}$  дюйм.  $\times$   $\frac{1}{4}$  дюйм.

Соединяются такія деревянныя трубы вставнымъ желѣзнымъ цилиндромъ съ толщиною стѣнокъ въ  $\frac{3}{16}$  дюйма, діаметромъ въ 6 дюймовъ и длиною въ 6 дюймовъ; края цилиндра заострены, а по серединѣ его дѣлается выступъ—реборда *r* (фиг. 70). По этой ребордѣ бьютъ молоткомъ и вгоняютъ цилиндръ въ обѣ трубы. Соединеніе



Фиг. 70.

считается хорошимъ, если въ стыкахъ не будетъ замѣтно протеканія; просачиваніе же скоро обыкновенно прекращается само собою.

Деревянныя трубы самыя дешевыя, но онѣ трескаются и если долго стоять безъ воды, то больше другихъ портятъ ея вкусъ. Онѣ употребляются при давленіи не больше 2 атмосферъ, т. е. при высотѣ подъема не больше 10 саж. Укладываются деревянныя трубы съ уклономъ не менѣе 0,001.

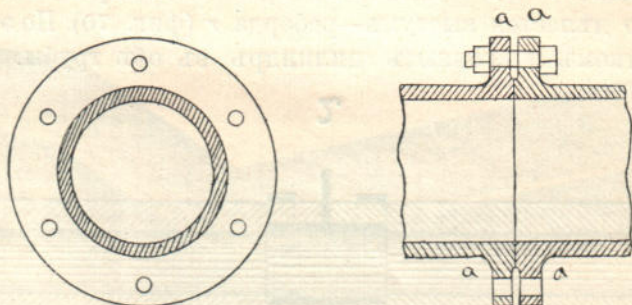
Изъ металлическихъ трубъ наилучшими считаются желѣзныя. Діаметръ ихъ различенъ, начиная отъ  $\frac{1}{4}$  дюйма. На концахъ такихъ трубъ имѣются винтовыя нарезки съ муфтами, иногда соединеніе дѣлается фланцами. Для этого каждая труба имѣетъ на концахъ приливы (фланцы) *aa* (фиг. 71), съ отверстіями, въ которыя пропускаются болты и соединяютъ фланцы двухъ смежныхъ трубъ. Между фланцами помѣщаютъ тонкое прокладочное кольцо изъ пеньковой плетенки или изъ пакки, пропитанной горячимъ масломъ (при большомъ давленіи изъ резины); прокладка дѣлается для того, чтобы вода не просачивалась въ соединеніи. Главный недостатокъ желѣзныхъ трубъ—ихъ дороговизна. Для водоотвода употребляются черныя трубы, а для чистой воды—оцинкованныя.

Свинцовыя трубы еще дороже желѣзныхъ и не практичны тѣмъ, что легко пробиваются гвоздями и сжимаются отъ ударовъ, а кромѣ



этого содержать вредныя для питья соли. Употребляются рѣдко, преимущественно въ домовыхъ ватерклозетахъ.

Наибольшее примѣненіе въ водопроводномъ дѣлѣ имѣютъ чугуныя трубы. Діаметръ ихъ различенъ, начиная отъ 2 дюймовъ, длина также не одинакова. Соединяются раструбами, располагая соединенія такъ, чтобы раструбъ былъ обращенъ противъ теченія (фиг. 72). Пространство на  $\frac{2}{3}$  забивается смоленою веревкою, а остальная  $\frac{1}{3}$  заливается расплавленнымъ свинцомъ и зачеканивается зубиломъ. Такое соединеніе не такъ жестко, какъ соединеніе фланцами, и въ случаѣ небольшого искривленія линій трубъ отъ неравномѣрной осадки грунта

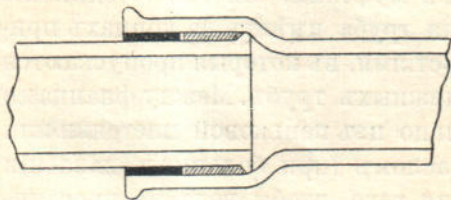


Фиг. 71.

соединенія въ раструбы не производитъ порчи трубъ, тогда какъ при фланцевомъ соединеніи не рѣдки случаи ихъ раскалыванія.

Главный недостатокъ чугуныхъ трубъ заключается въ ихъ хрупкости, онѣ бьются даже при тряской перевозкѣ. Для предохраненія отъ ржавчины и уменьшенія шероховатости, трубы внутри асфальтируются. Асфальтирующий слой долженъ представлять гладкую блестящую поверхность, при ударѣ молоткомъ не долженъ трескаться и отставать.

Асфальтированныя чугуныя трубы были бы вполне годны для проведенія питьевой воды, если бы діаметръ ихъ былъ меньше 2 дюймовъ.



Фиг. 72.

Гончарныя трубы изъ обожженной глины имѣютъ длину до  $1\frac{1}{2}$  арш. и діаметръ различный. Соединяются раструбами: при этомъ, на  $\frac{1}{3}$  раструба заполняются смоленою паклей, а на  $\frac{2}{3}$  жирною глиной.

Для уменьшенія тренія покрываются глазурью. Главный недостатокъ трубъ—хрупкость и малое давленіе, которое онѣ выдерживаютъ.

При соединеніи гончарныхъ трубъ примѣняется асфальтовая замазка.

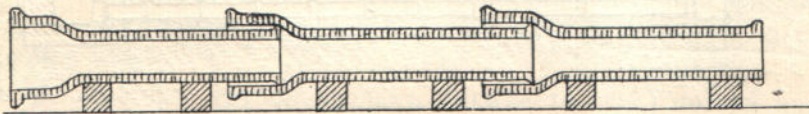


Гончарныя трубы примѣняются главнымъ образомъ въ цѣляхъ канализаціи сточныхъ водъ. Когда приходится брать трубу большаго діаметра и прокладывать ее подъ дорогою или улицею, то, въ случаѣ опасенія, что труба можетъ быть расколота передвигающимися по улицѣ повозками, трубѣ дается овоидальное-яйцевидное сѣченіе, обращенное утоненнымъ концомъ внизъ (фиг. 73). Отношеніе между высотой и наибольшею шириною дѣлается какъ 3 : 2. Такая форма обусловливаетъ равномерность скорости движенія воды и устраняетъ скопленіе осадковъ на днѣ, потому что въ нижней части, гдѣ сѣченіе меньше, скорость будетъ большая и плавающія въ водѣ вещества будутъ уноситься по теченію не осаждаясь.



Фиг. 73.

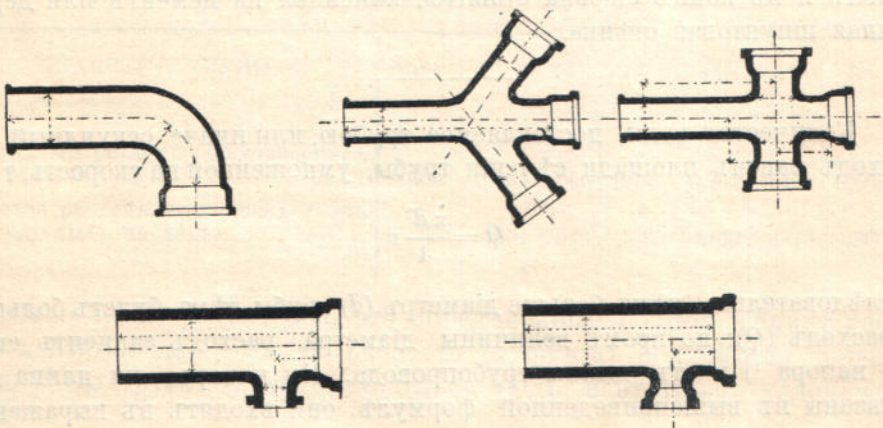
Трубы должны быть заложены въ землѣ на глубинѣ около сажени, если же въ силу необходимости ихъ приходится помѣщать



Фиг. 74.

на меньшей глубинѣ, то въ предупрежденіе замерзанія надъ ними надо сдѣлать земляной валикъ, самыя же трубы обсыпать золою, опилками, обложить навозомъ или обернуть войлокомъ.

При укладкѣ трубъ надо наблюдать, чтобы онѣ лежали въ грунтѣ



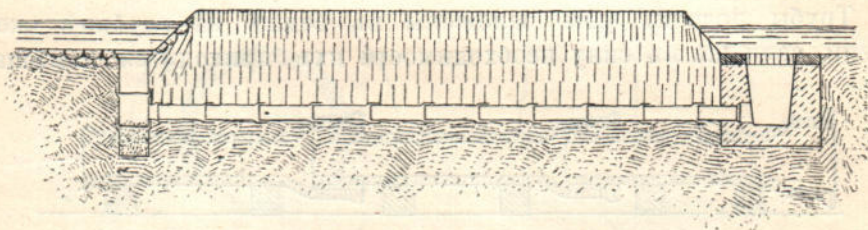
Фиг. 75.

плотно и не могли бы сдвинуться при загрузкѣ ихъ потомъ землею, иначе соединенія концовъ разойдутся и будутъ пропускать воду. Поэтому въ слабыхъ грунтахъ надо подъ трубы класть подкладку изъ дерева или кирпича (фиг. 74).



Для соединенія пересѣкающихся линий водопровода ставятся (фиг. 75) тройники, крестовины, поворотные отводы.

Трубы иногда примѣняются и при перемѣщеніи воды канавами. Этотъ случай, когда одну канаву надо провести подъ другою или же подъ дорогою. Такой трубопроводъ называется обратнымъ сифономъ или дюкеромъ (фиг. 76). Наиболѣе отвѣчающимъ цѣли является сооруженіе въ видѣ двухъ вертикальныхъ колодцевъ, соединенныхъ горизонтальною трубою. Дно верхового колодца опущено ниже трубы для осажденія насосовъ, откуда ихъ по временамъ вычерпываютъ. Вода въ дюкерѣ находится подъ напоромъ, поэтому, какъ колодцы, такъ и труба должны быть изъ прочнаго матеріала. Во избѣжаніе засоренія



Фиг. 76.

трубы, водѣ въ дюкерѣ придастъ большую скорость; это достигается увеличеніемъ напора, т. е. разности уровней у входа въ дюкеръ и у выхода изъ него. Чѣмъ выходное отверстіе будетъ ниже входного, тѣмъ движеніе воды вытекающей будетъ происходить быстрѣе. При началѣ и въ концѣ сифона ставится каменная на цементѣ или деревянная шпунтовая стѣнка.

Количество воды, доставляемое трубою, или иначе секундный ея расходъ равенъ площади сѣченія трубы, умноженной на скорость, т. е.

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v$$

и слѣдовательно, чѣмъ больше діаметръ ( $d$ ) трубы, тѣмъ будетъ больше и расходъ ( $Q$ ); но кромѣ величины діаметра, расходъ зависитъ еще отъ напора <sup>1)</sup> и отъ длины трубопровода. Ни напоръ, ни длина не показаны въ вышеприведенной формулѣ, они входятъ въ выраженіе скорости ( $v$ ). Чѣмъ больше напоръ, тѣмъ скорость увеличивается, но чѣмъ длиннѣе труба, тѣмъ скорость уменьшается. Последнее объясняется возрастаніемъ тренія, которое увеличивается съ длиною трубы. Не остается безъ вліянія на скорость и состояніе поверхности тренія, т. е. внутрененней поверхности трубы; поэтому въ трубахъ новыхъ

<sup>1)</sup> Діаметръ всегда измѣряется внутри трубы и считается дюймами.



или съ гладкими стѣнками скорость движенія воды значительно большая, нежели въ трубахъ старыхъ и шероховатыхъ.

Если требуется пропустить по трубѣ заданное количество  $Q$  воды въ секунду, то для опредѣленія поперечнаго сѣченія трубы  $F$  задаются скоростью  $v$  и тогда

$$F = \frac{Q}{v},$$

а такъ какъ  $F = \frac{\pi d^2}{4}$ , то, найдя величину  $F$ , находятъ и діаметръ трубы  $d$ .

При расчетѣ трубопроводовъ обыкновенно принимаютъ скорость  $v=3$  футамъ въ секунду. Слишкомъ большая скорость увеличиваетъ потерю на треніе, кромѣ того при очень большой скорости происходятъ гидравлическіе удары во время запиранія трубы кранами или клапанами, вслѣдствіе чего труба можетъ лопнуть. Напротивъ, при слишкомъ тихомъ движеніи, заключающаяся въ водѣ муть осаждается на стѣнкахъ трубы.

Въ небольшихъ трубопроводахъ (менѣе 10 саж.) потери напора въ расчетъ не принимаются и при выборѣ діаметра трубы для заданнаго расхода, или при опредѣленіи расхода по имѣющемуся діаметру, трубы можно пользоваться слѣдующей таблицей.

### • Т А Б Л И Ц А

для подбора діаметровъ чугунныхъ и желѣзныхъ трубъ при скорости теченія въ 3 фута.

ДІАМЕТРЪ ТРУБЫ.	1/2"	1"	2"	3"	4"	5"	6"
Секундный расходъ въ кубическихъ футахъ . . . . .	0,004	0,016	0,066	0,147	0,264	0,408	0,588
Часовой расходъ въ ведрахъ *) (въ круглыхъ числахъ). . . . .	30	135	540	1225	2160	3375	4860

Само собою разумѣется, что опредѣленный по этой таблицѣ расходъ и взятая для расчета скорость (3 фута) получаются только тогда, когда труба будетъ находиться подъ извѣстнымъ уклономъ; такъ,

для трубы въ 1/2" уклонъ долженъ быть около 0,1  
 » » » 1" » » » 0,06  
 » » » 2" » » » 0,03  
 » » » 3" и 4" » » » 0,02  
 » » » 5" и 6" » » » 0,01

\*) Кубическій футъ принимается равнымъ 2,3 ведра.



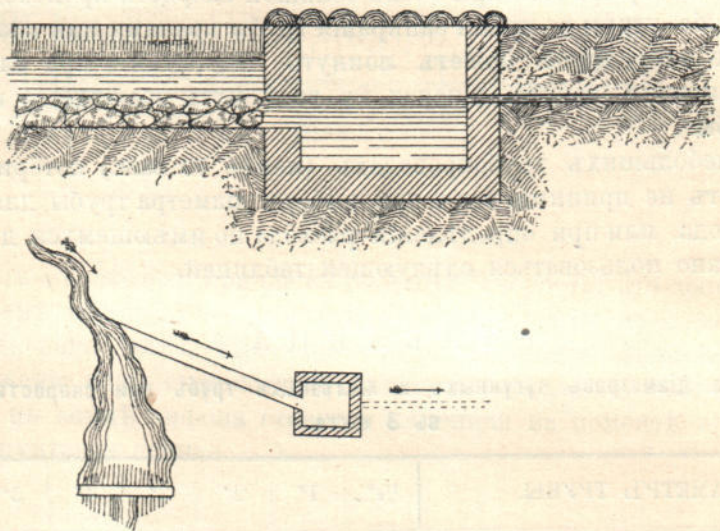
Съ увеличеніемъ уклона скорость, а слѣдовательно и расходъ увеличатся.

Трубы, какъ и каналы могутъ быть водопроводными и водоотводными.

### А. Трубы водопроводныя.

Сѣть трубъ съ приспособленіями для цѣлей водоснабженія называется водопроводомъ.

Сооруженіе всякаго водопровода состоитъ изъ трехъ частей: I устройства для приема воды, II устройства для доставленія воды на мѣсто и III устройства для раздачи воды.



Фиг. 77.

Въ цѣляхъ водоснабженія пользуются водою колодцевъ, рѣкъ, ручьевъ и ключей.

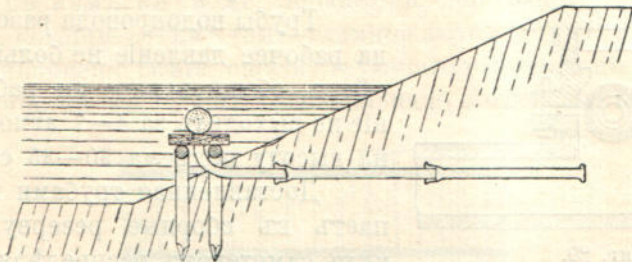
Простѣйшее устройство для приема воды изъ ручья или потока выполняется слѣдующимъ образомъ. На ручьѣ (фиг. 77) вода подпруживается плотинкой; выше ея по теченію роется канавка съ очень слабымъ уклономъ и набросанными въ нее камнями; канавка сообщается съ каменною, закрытою деревянною крышкою, цистерною, а изъ цистерны уже выходитъ водопроводная труба, помѣщенная, какъ показано на чертежѣ, у верхняго горизонта воды въ цистернѣ. Такимъ образомъ, вода изъ источника, проходя сквозь каменную наброску канавки, оставляетъ здѣсь крупныя песчинки и посторонніе плавающие предметы, а мелкія иловатыя частицы отлагаются на днѣ цистерны, которую отъ времени до времени надо чистить.

Для приема воды изъ рѣкъ съ чистою водою на днѣ рѣки уклады-



вается приемная труба (фиг. 78), имѣющая вертикальный штуцеръ съ хrapкомъ на концѣ.

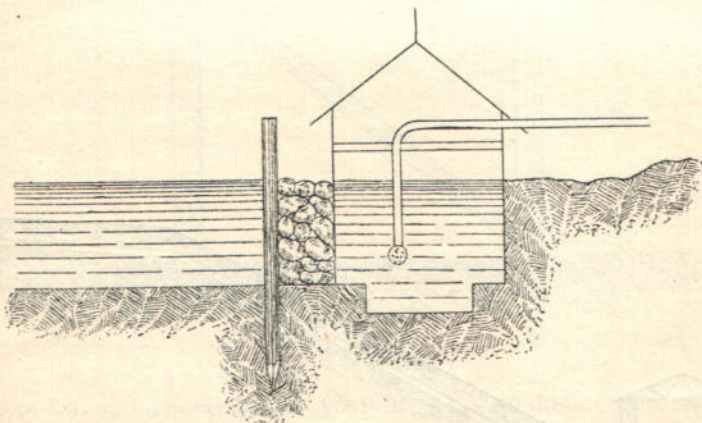
Другое, лучшее устройство, имѣетъ видъ ящика (фиг. 79) изъ свай, забитыхъ частоколомъ съ прозорами. Внутри этого ящика ставится другой досчатый съ отверстіями и въ этомъ второмъ ящикѣ



Фиг. 78.

помѣщается приемная труба. Между стѣнками обоихъ ящиковъ набрасываются камни.

Для доставленія воды на мѣсто почти исключительно примѣняются чугунныя трубы, при чемъ для небольшого водопровода діаметръ выбирается отъ 2" до 5". Такъ какъ линія трубы идетъ параллельно

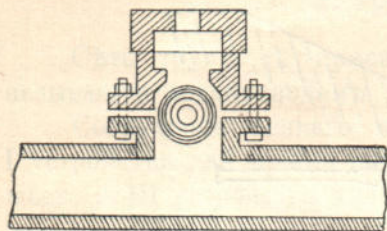


Фиг. 79.

земной поверхности съ постоянно измѣняющимся уклономъ, то въ повышенныхъ точкахъ трубы собирается воздухъ, выдѣляющійся изъ воды. Скопляясь въ большомъ количествѣ, воздухъ давитъ на воду и можетъ остановить ея движеніе въ трубахъ; поэтому въ большихъ водопроводахъ устраиваютъ автоматическіе, воздушные выпуски—вантузы. Эти приборы (фиг. 80) имѣютъ въ серединѣ шаръ, плавающий въ водѣ; когда воздухъ соберется въ трубѣ и начнетъ давить на воду, шаръ опускается, выпускаетъ воздухъ, снова поднимается водою и закрываетъ отверстіе, черезъ которое могла бы вылиться вода.



Болѣе простое, но уже не автоматически дѣйствующее, устройство вантузовъ заключается въ небольшой вертикальной трубкѣ, включенной въ трубопроводъ, выходящей на поверхность земли и снабженной краномъ. Когда движеніе воды въ трубахъ будетъ замѣчено уменьшающимся, открываютъ кранъ вантуза и выпускаютъ скопившійся воздухъ.

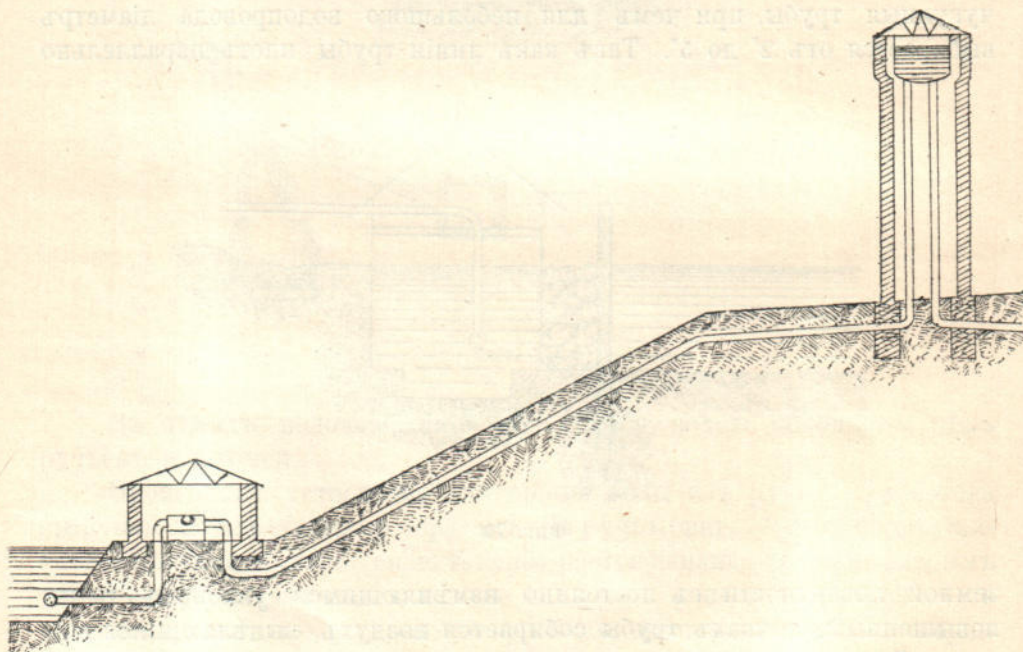


Фиг. 80.

Трубы водопровода рассчитываются на рабочее давленіе не больше 10 атмосферъ, обыкновенное же рабочее давленіе не выходитъ за 4—7 атмосферъ (т. е. на высоту подъема 20—35 саж.).

Доставленная трубами вода поступаетъ въ сборные резервуары, а изъ нихъ самотекомъ распределяется по разборнымъ трубамъ. Чтобы въ трубахъ вода находилась подъ напоромъ, такой резервуаръ или водоемъ помѣщается на возвышенномъ мѣстѣ, напр., на холмѣ.

Стѣнки его выводятся или изъ бетона толщиною въ 0,05 саж.,

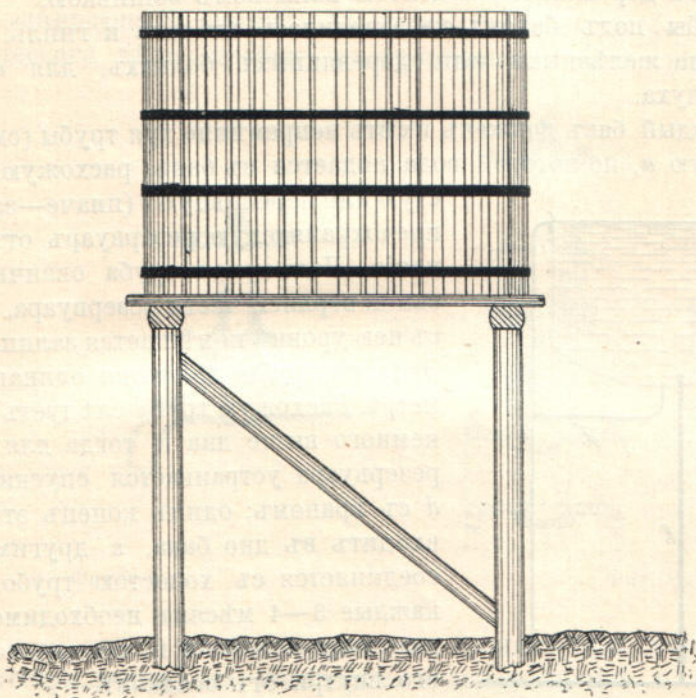


Фиг. 81.

или изъ кирпича на цементъ въ 1 кирпичъ; на дно утрамбовывается слой щебня толщиною въ 0,15 саж.; а сверху его такой же толщины слой бетона. Стѣнки резервуара поднимаются на 0,30 саж. надъ поверхностью земли и отъ нихъ вокругъ на сажень дѣлается скатъ, отма-



щиваемый камнемъ. Такое устройство обезпечиваетъ резервуаръ отъ загрязненія поверхностными водами. Поверхъ стѣнъ, по желѣзнымъ балкамъ дѣлаются сводики (бетонные) и все засыпается толстымъ (до 0,50 саж.) слоемъ земли. Для вытяжки надо поставить небольшую вентиляціонную трубу, но доступъ воздуха вообще не желателенъ, потому что съ нимъ въ воду попадаютъ зародыши органическихъ образованій, которые затѣмъ тамъ размножаются. Точно также не желательно проникновеніе свѣта, способствующаго размноженію водорослей. На случай чистки въ крышѣ бассейна надо имѣть люкъ.



Фиг. 82.

Когда такого резервуара устроить на возвышенности нельзя, то бакъ ставится или въ особой водонапорной башнѣ, какъ, напримѣръ, это дѣлается на желѣзнодорожныхъ станціяхъ (фиг. 81), или его помѣщаютъ на чердакѣ отопляемаго высокаго, господствующаго надъ мѣстностью зданія. Вода въ бакъ подается насосомъ.

Баки дѣлаются деревянные или желѣзные. На деревянный бакъ берутся дубовыя въ 3 дюйма толщиною доски и стягиваются четырьмя желѣзными обручами изъ полосового трехдюмоваго желѣза съ пряжками изъ круглаго  $1\frac{1}{2}$  дюйма желѣза. Бакъ на емкость до 500 ведеръ (фиг. 82) долженъ имѣть діаметръ 1 саж. и высоту около 0,75 саж. На такой бакъ идетъ 30 шестивершковыхъ досокъ.

Желѣзные баки цилиндрической формы склепываются изъ ко-

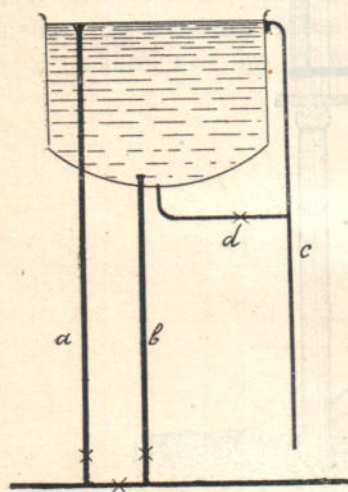


тельного желѣза. Стѣнки и днища ихъ должны имѣть толщину въ  $\frac{3}{16}$  д. при емкости до 600 ведеръ и въ  $\frac{1}{4}$  д. болѣе 600 ведеръ. Емкость бака должна быть рассчитана на дневное потребленіе воды. При этомъ, чтобы нужную емкость получить при наименьшей затратѣ желѣза, слѣдуетъ придерживаться отношенія высоты бака къ его діаметру какъ 1:2. По верхнему краю бака для жесткости приклепывается поясокъ изъ углового желѣза. Внутри и снаружи бакъ окрашивается масляною краскою.

Противъ замерзанія бакъ долженъ быть утепленъ. Для этого его окружаютъ деревянною, подбитою войлокомъ обшивкою.

Чтобы подъ бакомъ не заводилась плѣсень и гниль, его надо ставить на желѣзныхъ или деревянныхъ балкахъ, для свободнаго хода воздуха.

Каждый бакъ долженъ имѣть непремѣнно три трубы (см. фиг. 83). подъемную *a*, по которой вода подается въ бакъ; расхожую *b* и холо-



Фиг. 83.

стую или переливную *c* (иначе—залишнюю), предохраняющую резервуаръ отъ переполненія. Подъемная труба оканчивается въ самой верхней части резервуара, на одномъ съ нею уровнѣ помѣщается залишняя труба. Эти двѣ трубы дѣлаются одинаковаго діаметра. Расхожую трубу слѣдуетъ помѣщать немного выше дна и тогда для промывки резервуара устраивается спускная трубка *d* съ краномъ; одинъ конецъ этой трубки входитъ въ дно бака, а другимъ—трубка соединяется съ холостою трубою. Черезъ каждые 3—4 мѣсяца необходимо спускать всю воду изъ бака и тщательно очищать его внутри отъ осадковъ.

Въ деревянномъ бакѣ расхожая труба имѣетъ широкій фланецъ, подъ который кладется прокладка резиновая или изъ просмоленной пеньки и прихватывается сквозь дно и наружный фланецъ болтами.

При проведеніи трубъ въ зданіяхъ надо стараться избѣгать длинныхъ горизонтальныхъ линій, лучше поставить лишнюю вертикальную трубу, чѣмъ вести воду горизонтально.

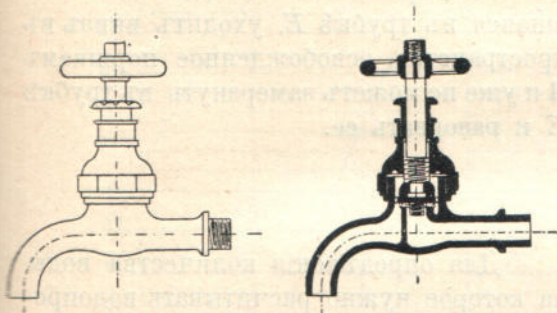
Если труба проходитъ черезъ холодное помѣщеніе, ее надо обернуть войлокомъ или соломенными жгутами; въ тепломъ же помѣщеніи надо трубы прокладывать въ стѣнныхъ бороздахъ, за полъ кирпича и закладывать борозды штукатуркою, такъ какъ на поверхности металлическихъ трубъ осаждаются водяные пары и образуютъ капель.

Діаметръ домової магистральной трубы выбирается не менѣе

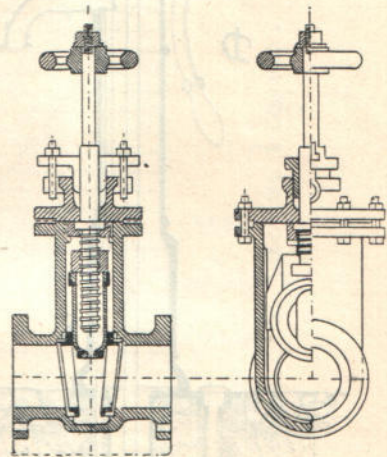


1 дюйма, а затѣмъ вода разводится по направленію теченія трубами уже меньшаго діаметра. Краны должны имѣть діаметръ меньшій, чѣмъ діаметръ трубы, на которой они ставятся. Устройство разборныхъ крановъ должно быть таково, чтобы ихъ нельзя было открывать и закрывать за одинъ разъ, поэтому простые (самоварные), въ четверть оборота краны не должны имѣть мѣста въ водопроводахъ. Образующіеся при быстромъ запираніи гидравлическіе удары могутъ порвать трубы. Единственно допустимыми для водопроводовъ являются такъ называемые вентильные (многооборотные) краны.

Различіе между простымъ и вентильнымъ кранами заключается въ формѣ запирающаго органа: въ простыхъ кранахъ онъ имѣетъ видъ коническаго тѣла (пробки) съ прорѣзомъ, и запираніе дости-



Фиг. 84.



Фиг. 85.

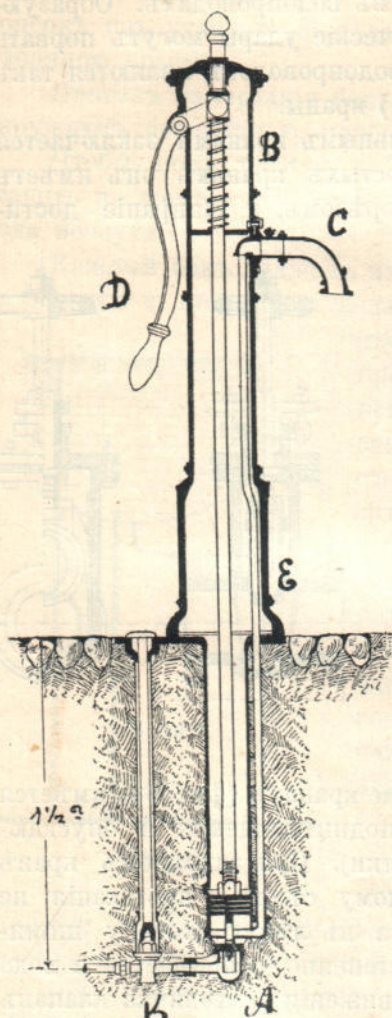
гается его поворотомъ; въ вентильныхъ же кранахъ (фиг. 84) имѣется клапанъ, утвержденный на шпиндель, поднимающемся и опускающемся при вращеніи маховичка (рукоятки). При закрытомъ кранѣ клапанъ плотно прижимается къ кожаному сѣдлу и протеканія не происходитъ; при вращеніи же маховичка въ лѣвую сторону шпиндель поднимается, клапанная щель постепенно открывается и вода протекаетъ изъ трубы; при обратномъ движеніи маховичка клапанъ приближается къ сѣдлу, притокъ жидкости постепенно уменьшается и кранъ запирается безъ малѣйшаго гидравлическаго удара.

На магистральныхъ трубахъ въ отвлѣтленіяхъ для выключенія вѣтви изъ сѣти, напр., на случай ремонта ставятся клапанные задвижки. Наибольшимъ успѣхомъ пользуется задвижка Лудло (фиг. 85). Помѣщаются задвижки въ особыхъ колодцахъ, подобныхъ тѣмъ, какіе устраиваются на канализаціонныхъ сѣтяхъ (см. фиг. 91).

Разборные краны на открытомъ воздухѣ помѣщаются въ особыхъ колонкахъ слѣдующаго устройства (фиг. 86).



На концѣ водопроводной трубы съ задвижкой *K* имѣется кранъ *A*, надъ этимъ же краномъ на поверхности земли устанавливается колонка съ рукояткою *D* и носкомъ *C* для разбора воды; рукоятка *D* соединена съ трубчатымъ стержнемъ крана *A*, несущимъ на верху пружину *B*, отжимающую его вверхъ. При поднятіи рукоятки *D* стержень опускается и опускается поршень *A*, а вмѣстѣ съ тѣмъ опускается и кольцо, закрывающее проходъ воды черезъ трубу *E* къ носку *C*. Когда кольцо опустится ниже отверстій въ стѣнкахъ нижней трубки, то вода черезъ эти отверстія проходитъ въ трубу *E* и въ носокъ *C*. Если же рукоятка отпущена, то поднимающійся пружиною стержень, поднимаетъ и поршень *A* и тогда вода, оставшаяся въ трубкѣ *E*, уходитъ внизъ въ пространство, освобожденное поршнемъ *A* и уже не можетъ замерзнуть въ трубкѣ *E* и разорвать ее.



Фиг. 86.

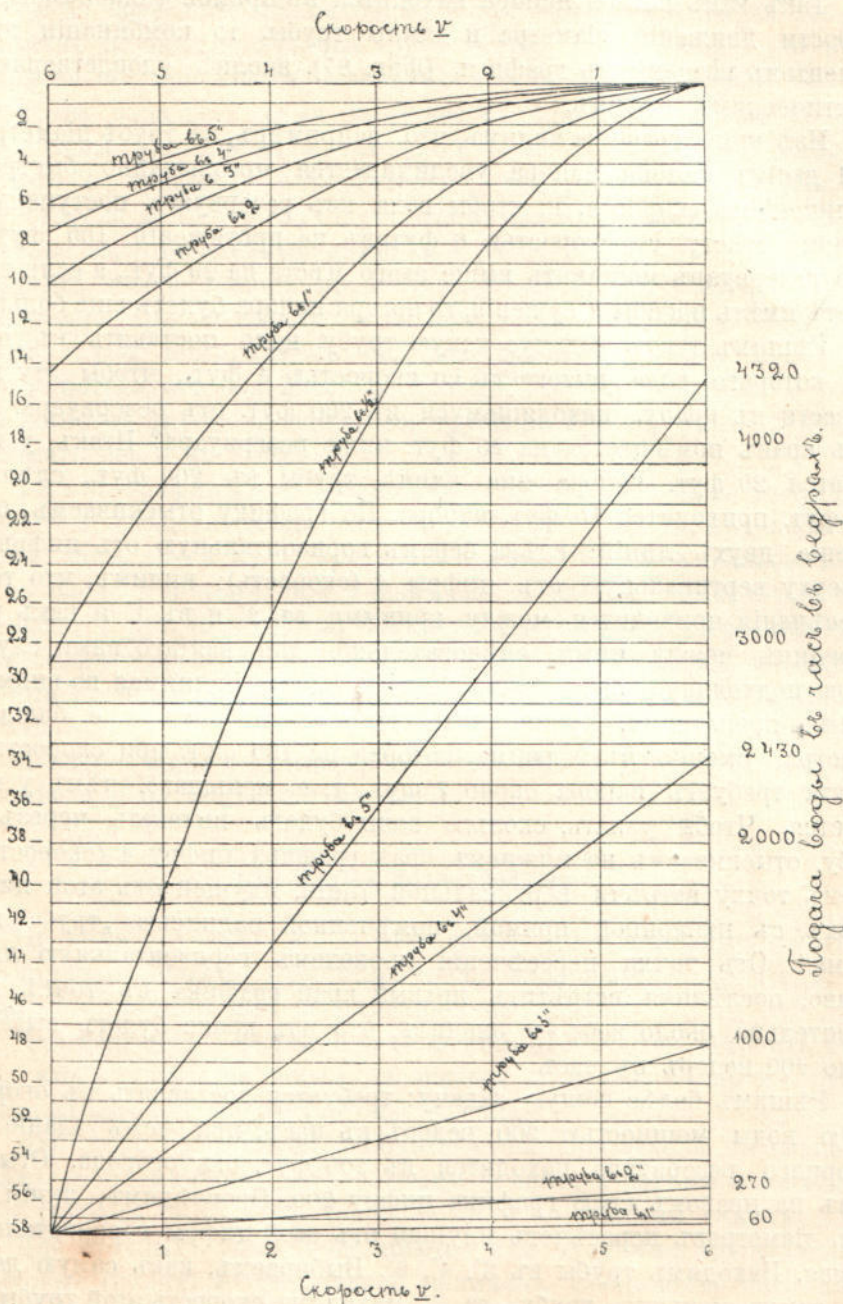
Для опредѣленія количества воды на которое нужно рассчитывать водопроводъ, принимаются слѣдующія примѣрные нормы:

- 1) на одного человѣка для питья, варки пищи и стирки бѣлья расходуется въ сутки—4 ведра;
- 2) на лошадь, корову и вообще на одну голову крупнаго скота—4 ведра;
- 3) на 1 штуку мелкаго скота—1 ведро;
- 4) на поливку садовъ и улицъ 1 ведро на 1 кв. саж. При этомъ лѣтомъ расходъ увеличивается, зимою уменьшается.

Выяснивъ требуемый расходъ воды и опредѣливъ по предыдущему (см. таблица на стр. 73) размѣръ трубы при скорости въ 3 фута, надо еще принять во вниманіе величину напора, которою при короткомъ трубопроводѣ пренебрегали.

Во время движенія воды по трубѣ, вслѣдствіе тренія ея о стѣнки и ударовъ на поворотахъ, колѣнахъ, при входѣ и проч. происходитъ потеря энергіи движенія, или напора (*h*) и если длина трубы очень ве-





Фиг. 87.

лика, площадь ея сѣченія очень мала и общій напоръ ( $H$ ) незначителенъ, то весь напоръ потеряется на преодоленіе гидравлическихъ сопротивленій и изъ нижняго отверстія трубы вода вытекать не будетъ.



Такъ какъ потеря напора находится въ прямой зависимости отъ скорости движенія діаметра и длины трубы, то комбинаціи этихъ элементовъ сведены въ графикъ (фиг. 87), вполне удовлетворяющій практическимъ цѣлямъ.

Изъ этого графика видимъ, что, напримѣръ, въ трубѣ діаметромъ въ 1 дюймъ потеря напора увеличивается чрезвычайно быстро съ увеличеніемъ скорости, и, чтобы вода изъ резервуара поступала къ данному мѣсту со скоростью 6 футовъ на протяженіи 100 футовъ, надо резервуаръ поставить выше этого мѣста на 29 фут., а если труба будетъ имѣть изгибы и суженія, то потеря напора будетъ еще большею.

Рѣшимъ такую задачу: какую трубу надо поставить къ чану, изъ котораго вода вытекаетъ со скоростью 4 фут., чтобы эту воду провести къ крану, находящемуся въ 200 фут. отъ резервуара, при чемъ кранъ помѣщается на 20 фут. ниже резервуара? Итакъ, у насъ имѣется 20 фут. напора при длинѣ трубы въ 200 фут., слѣд., на 100 фут. приходится 10 фут. напора. По графику отыскиваемъ пересѣченіе двухъ линій: слѣва беремъ горизонтальную отъ цифры 10, а сверху вертикальную отъ цифры 4 (скорость): видимъ, что точка пересѣченія приходится между кривыми въ 2" и въ 1" и какъ разъ посрединѣ между ними, слѣдовательно, для взятаго нами случая, самую подходящую была бы труба въ 1½," но, принимая во вниманіе разныя препятствія, лучше взять трубу съ запасомъ, т. е. большаго діаметра, именно въ 2 дюйма, которая на 100 фут. при скорости въ 4 фута требуетъ напора около 7 фут., т. е. меньшаго, чѣмъ у насъ имѣется. Чтобы узнать, сколько воды будетъ вытекать черезъ эту трубу, отыскиваемъ на нижнемъ краѣ графика цифру 4 (скорость) и беремъ точку встрѣчи вертикальной линіи, идущей отъ этой цифры вверхъ, съ наклонной прямой, помѣченной надписью „труба въ 2 дюйма“. Отъ точки пересѣченія проведемъ горизонтальную линію вправо, послѣдняя встрѣтитъ правый край графика въ точкѣ приблизительно около 200; это значитъ, что изъ крана будетъ вытекать около 200 ведеръ въ часъ.

Рѣшимъ болѣе общую задачу: требуется доставлять въ огородъ струю воды мощностью 900 ведеръ въ часъ, при чемъ зданіе для напорнаго резервуара находится въ 200 фут. отъ огорода. Отыскиваемъ на правомъ краю графика цифру 900. Прослѣдимъ, линіи какихъ діаметровъ пересѣчетъ идущая отъ этой цифры горизонтальная прямая. Находимъ трубы въ 3", 4", 5". Выбираемъ, какъ самую дешевую, самую меньшую трубу—въ 3". Находимъ скорость этой трубы для расхода въ 900 ведеръ. Отъ точки пересѣченія горизонтальной линіи отъ 900 съ наклонной для 3" опустимъ вертикальную къ нижнему краю графика. Получаемъ около 5¼ фут. Обращаемся теперь къ верхнему краю графика и отыскиваемъ точку, соответствующую скорости 5¼ на трубѣ въ 3"; отъ нея ведемъ горизонтальную линію



влѣво и на краю графика находимъ 8 фут. потери напора на 100 фут. Такъ какъ по нашему заданію труба имѣетъ длину 200 фут., то потеря напора на все протяженіе будетъ  $8 \times 2 = 16$  фут. Но чтобы изъ дна резервуара вода все время вытекала съ одною скоростью ( $5\frac{1}{4}$  ф.), надо, чтобы уровень воды находился тоже на 8 фут. (что слѣдуетъ изъ того же графика), слѣдовательно, дно резервуара должно быть выше огорода на  $16 + 8 = 24$  фута. Принимая же во вниманіе разныя обстоятельства, отброшенныя нами, при расчетѣ, для упрощенія, надо увеличить потерю напора процентовъ на 20 и, слѣдовательно, поставить резервуаръ на высоту до 30 фут. надъ огородомъ. При такой высотѣ трубы испытываютъ сильное давленіе и самое поднятіе на 30 фут. потребуетъ большихъ расходовъ, поэтому приходится увеличить діаметръ трубы, и, напр., для трубы въ 4" резервуаръ приходится поднимать всего на 7 фут.

Тотъ же графикъ даетъ возможность судить, насколько увеличится скорость и, слѣдовательно, расходъ трубы при извѣстномъ увеличеніи уклона; такъ, труба въ 1" при уклонѣ 4 на 100  $= 0,04$  обладаетъ скоростью около 2 футовъ, при уклонѣ же 14 на 100  $= 0,14$ , скорость въ ней около 4 фут. Необходимо замѣтить, что данныя для графика взяты вдвое болѣе теоретическихъ, опредѣленныхъ Вейсбахомъ, потому что графикъ предполагаетъ примѣненіе его не къ новымъ, а къ старымъ трубамъ.

Давленіе воды на концахъ водопроводныхъ вѣтвей должно быть не болѣе 4 и не менѣе 2 атмосферъ.

### В. Трубы водоотводныя.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда сѣтъ трубъ прокладывается съ цѣлью удаленія дождевыхъ, хозяйственныхъ, кюачныхъ и др. водъ, она называется сточною или канализаціонною сѣтью.

Для успѣшнаго дѣйствія канализаціи необходимо устроить стокъ такъ, чтобы трубы не могли засоряться и чтобы во время работы прочищались сами собою (автоматически).

Для этого надо, чтобы побочные стоки примыкали къ главнымъ стокамъ (коллекторамъ) подъ острыми углами, а затѣмъ необходимо, чтобы трубамъ былъ данъ достаточный и постоянный уклонъ.

Для сточныхъ водъ примѣняются или чугунныя трубы, или керамиковыя (глиняныя съ соляной поливой). Соединенія послѣднихъ трубъ дѣлаются или на глинтѣ, или на смолѣ съ забивкою смоленою пеною. Діаметръ коллектора въ 4 дюйма считается вполне достаточнымъ для любого количества хозяйственныхъ водъ. Лучшій уклонъ для сточныхъ трубъ 0,02—0,03. При очень большомъ уклонѣ воды текутъ очень быстро, плавающія частицы не могутъ слѣдовать за ними и осаждаются по стѣнкамъ. При уклонѣ же меньшемъ 0,01 про-

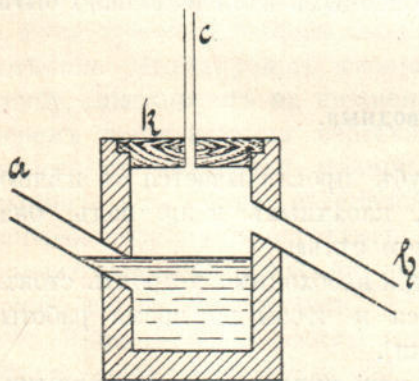


исходить загрязнение трубы. Уклонъ также находится въ связи съ діаметромъ—чѣмъ діаметръ меньше, тѣмъ уклонъ долженъ быть большій. Такъ при діаметрѣ въ 6 дюйм. уклонъ достаточенъ въ 0,02; при діаметрѣ же въ 2 д. уклонъ долженъ быть не меньше 0,05.

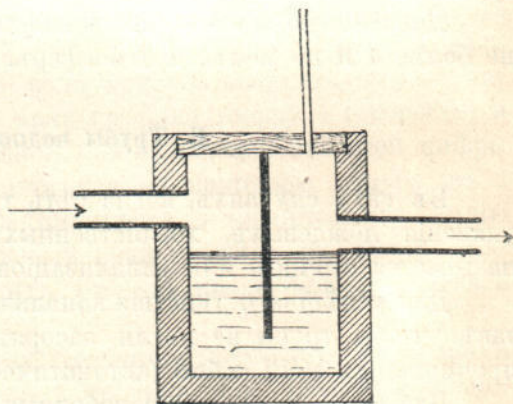


Фиг. 88.

Чтобы въ помѣщенія не проникалъ запахъ клозетныхъ и помойныхъ водъ, на сточныхъ трубахъ помѣщаются сифоны—водяные затворы въ видѣ изогнутой трубы (фиг. 88). Ставятся сифоны непосредственно подъ пріемниками сточныхъ водъ (раковины, умывальники, писсуары и пр.) и отводящее колѣно сифона соединяется съ спускною трубою. Діаметръ сифона долженъ точно соответствовать діаметру трубы. Гидравлическіе затворы устраиваются такъ же въ другомъ видѣ и носятъ названіе траповъ, при чемъ трапы ставятся на концѣ домовой сточной трубы передъ входомъ въ дворовую или уличную канализаціонную вѣтвь. Сущность трапа, изображеннаго на фиг. 89, заключается въ томъ, что въ кирпичномъ цементированномъ ящикѣ отверстіе *b* выходной трубы расположено выше, чѣмъ конецъ *a* трубы впускной, который такимъ образомъ всегда затопленъ и защищенъ отъ проникновенія въ него запаха со стороны трубы *b*. Такъ какъ въ ящикѣ скопляются поднимающіеся по трубѣ *b* газы, то для отвода ихъ надо въ крышкѣ поставить трубку *c*, крышка должна быть съемною



Фиг. 89.

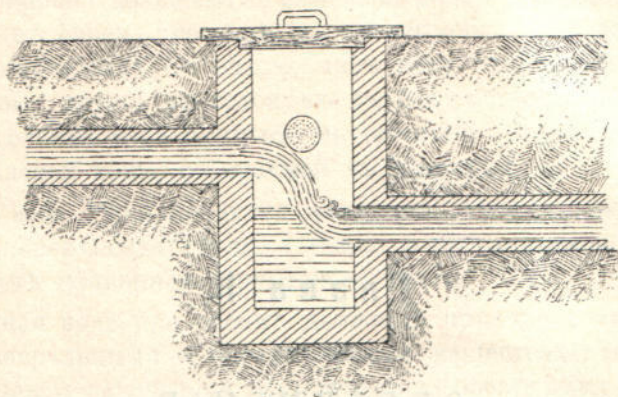


Фиг. 90.

но плотно закрывающуюся, чтобы можно было время отъ времени производить чистку ящика. Трапъ другого устройства изображенъ на фиг. 90. Каменный ящикъ раздѣленъ на двѣ части, деревянною перегородкою не доходящею до дна на 0,03 саж. И перегородка, и крышка могутъ сниматься во время чистки трапа, но перегородка плотно соединяется съ крышкою сверху и съ боковъ. Благодаря перегородкѣ выходная часть совершенно изолирована отъ входной. Въ крышкѣ ставится вытяжная трубка.



Для наблюденія надъ дѣйствіемъ сѣти, а также для очистки отъ осадковъ устраиваются смотровые колодцы (фиг. 91). Ихъ ста-



Фиг. 91.

вятъ на главномъ коллекторѣ, на поворотахъ и на прямыхъ участкахъ въ разстояніи не больше 50 саж. Колодцы лучше дѣлать изъ бетона, съ толщиною стѣнокъ въ 0,05 саж., а дна въ 0,10 саж. Диаметръ колодцамъ дается въ 0,33 саж. Сверху устраивается прочная крышка. Необходимо принять мѣры къ тому, чтобы вода въ колодцѣ не замерзала.



## Глава II.

### ОБВОДНЕНИЕ.

Подъ названіемъ обводнительныхъ работъ понимается устройство такихъ гидротехническихъ сооружений, которыя, въ цѣляхъ водоснабженія, собираютъ воду какъ питьевую, такъ и для хозяйственныхъ надобностей населенія и для борьбы съ пожарами.

#### I. Источники водоснабженія.

Вода, испаряясь съ поверхности земли, рѣкъ, озеръ и морей и обращаясь сначала въ паръ, а потомъ въ облака, возвращается снова на землю въ видѣ дождя. При этомъ она частью снова испаряется, частью стекаетъ въ низины—въ рѣки, озера, моря, а частью просачивается въ землю. Такой непрерывный круговоротъ воды въ природѣ совершается подѣйствіемъ солнечной теплоты.

Въ каждомъ моментѣ своего пути вода можетъ быть собирана и утилизируема для цѣлей водоснабженія. Такъ, въ цистерны и бассейны можно собирать воду дождевую. Затѣмъ можно использовать воду, протекающую по поверхности земли въ видѣ ручьевъ и рѣкъ или собранную въ озера и пруды. Можно далѣе брать воду, просочившуюся въ верхніе слои земной коры, или же ту подземную воду, которая собралась въ данномъ мѣстѣ съ отдаленныхъ площадей и находится подѣ землею на большой глубинѣ. Можно, наконецъ, брать и ту воду, которая выступаетъ на поверхность земли въ видѣ ключей и родниковъ.

Свойства и качества воды зависятъ отъ того момента, въ который она будетъ взята на пути ея круговорота.

*Атмосферная вода* въ верхнихъ слояхъ воздуха находится въ чистомъ видѣ, но, падая дождемъ, вода поглощаетъ частицы пыли и сажу, насыщается газами, а также зародышами микроорганизмовъ. Собирая такую воду, надо первоначально дать части этой воды стечь



на сторону; это въ особенности относится къ тѣмъ случаямъ, когда вода собирается съ крышъ; необходимо надо дать крышамъ обмыться.

Атмосферная, дождевая и снѣговая вода, стекающая въ прудъ, измѣняется въ своемъ составѣ, въ зависимости отъ длины пути и свойствъ проходимыхъ ею мѣстъ, такъ какъ одни вещества растворяются водою, другія уносятся ею въ взмученномъ состояніи. Поэтому атмосферная вода прудовъ значительно отличается отъ атмосферной дождевой воды, собираемой въ цистерны.

*Рѣчная вода.* Рѣки питаются дождевою атмосферною водою, стекающей съ поверхности земли, а также и просачивающеюся въ берегахъ и въ днѣ почвенною (грунтовой) водою.

Проточная вода при своемъ движеніи приходитъ въ соприкосновеніе съ минеральными и органическими веществами и потому она болѣе или менѣе загрязнена. На степень засоренія рѣки имѣетъ большое вліяніе густота населенія мѣстности, поэтому рѣчная вода, протекающая по густо населеннымъ мѣстамъ, вредна для здоровья и безъ предварительной очистки безусловно не должна употребляться для питья и приготовленія пищи. Особенно сильно загрязнена рѣчная вода во время половодія, и тогда она богата всевозможными бактеріями. Происходитъ это оттого, что въ половодье вода несетъ много ила и грязи, которыя являются разсадникомъ микроорганизмовъ.

Изслѣдованіями, однакоже, установлено, что рѣка всегда обогащаетъ стремленіе освободиться отъ постороннихъ примѣсей и, при благопріятствующихъ условіяхъ, рѣчная вода, на большемъ или меньшемъ удаленіи отъ источниковъ загрязненія, снова пріобрѣтаетъ первоначальную свою чистоту.

Это благотѣльное свойство природы называется *самоочищеніемъ рѣкъ*. Процессъ самоочищенія заключается въ разжиженіи нечистотъ обильнымъ количествомъ чистой рѣчной воды, затѣмъ въ осѣданіи взвѣшенныхъ въ водѣ твердыхъ частицъ и, наконецъ, третьимъ факторомъ самоочищенія является окисленіе загрязняющихъ воду органическихъ веществъ раствореннымъ въ водѣ кислородомъ при содѣйствіи населяющихъ воду микроорганизмовъ и различного рода водорослей. Въ результатъ, углекислота, сѣроводородъ и амміакъ, получающіеся при разложеніи, уходятъ въ воздухъ, иль садится на дно и вода становится чистою, годною для питья. Разстояніе отъ мѣста спуска нечистотъ, на которомъ самоочищеніе рѣчной воды становится замѣтнымъ, зависитъ отъ скорости теченія, характера русла и береговъ и отъ степени загрязненія. Вообще же самоочищеніе идетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ скорость теченія больше. При быстромъ теченіи получается избытокъ кислорода, происходитъ дѣятельный процессъ окисленія, тогда какъ при медленномъ движеніи воды и маломъ притоцѣ возможны процессы гниlostнаго разложенія. По-



этому спускъ kloачной жидкости и фабричныхъ помоевъ въ медленно текущія маловодныя рѣки можетъ быть разрѣшаемъ только послѣ предварительнаго обезвреживанія этихъ водъ, напр., путемъ устройства такъ называемыхъ полей орошенія, когда грязная вода разливается тонкимъ слоемъ по поверхности и при посредствѣ дренажа процѣживается сквозь пластъ земли.

*Грунтовая вода.* Основною или первозданною породою, подстилающею другія—осадочныя породы, является гранить, выклинивающаяся подъ Петроградомъ и Екатеринославомъ на поверхность земли, а въ другихъ мѣстахъ залегающій на глубинѣ сотенъ саженъ.

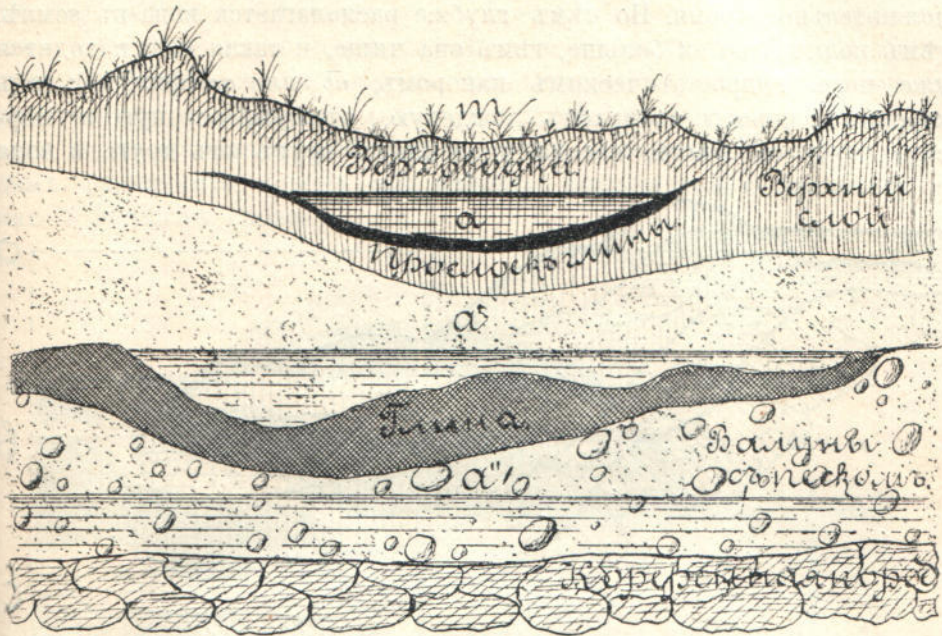
Вся затѣмъ толща земной коры между гранитомъ и почвою состоитъ изъ ряда чередующихся пластовъ разнообразныхъ породъ, какъ осадочныхъ—коренныхъ, морского происхожденія (напр., девонскіе известняки, юрскія глины), такъ и ледниковыхъ наносовъ (различныя глины, гравій, пески). Всѣ эти породы дѣлятся на двѣ категоріи: породы *водопроницаемыя*, пропускающія воду, и породы *непроницаемыя* для воды, *водоупорныя*. Къ первой категоріи принадлежатъ всѣ пески, гравій, трещиноватые известняки, нѣкоторые песчаники, песчаныя глины и глинистые пески. Къ водонепроницаемымъ же относятся жирныя глины, плотные безъ трещинъ известняки и песчаники, сланцы, гранить и другія плотныя каменистыя породы. Просачивающаяся съ поверхности вода, подчиняясь закону тяжести, опускается сквозь проницаемые грунты до тѣхъ поръ, пока на ея пути не встрѣтится слой водоупорный. Тогда на этомъ пластѣ вода задерживается и, скопясь на немъ, образуетъ водоносный слой. Если водоупорная порода залегаешь непосредственно подъ верхнимъ почвеннымъ слоемъ (какъ, напр., въ болотахъ, прирѣчныхъ лугахъ и пр.), то вода, задержанная на этой породѣ, носитъ названіе *почвенной* или *верховодки*. Иногда верховодка задерживается небольшимъ пропласткомъ плотной глины вершковъ 6—10 толщиною, вклиненнымъ въ водопроницаемый грунтъ (см. фиг. 92). Стоитъ только прокопать или пробурить этотъ прослойкъ—и вся верховодка уйдетъ внизъ. Этимъ обстоятельствомъ пользуются иногда при осушеніи земель <sup>1)</sup>.

Такъ какъ всѣ пласты породъ расположены съ наклономъ въ ту или другую сторону, то и вода, просочившаяся до водоупornaго пласта, медленно движется по его наклону, и не отдѣльными струйками или жилами, какъ принято думать, а сплошнымъ водянымъ слоемъ, образуя какъ бы подземную рѣку. Скорость движенія подземной воды вообще очень незначительна и зачастую не превосходить нѣсколькихъ дюймовъ въ сутки; глубина потока чрезвычайно различна—отъ нѣсколькихъ футовъ до 10 и болѣе саженъ, ширина же неопредѣленно велика и измѣряется верстами. Очень часто вмѣстѣ

<sup>1)</sup> См. вертикальный дренажъ.



съ подземной водой движется и пьлвунъ, если онъ составляетъ водоносный слой, при чемъ, сплошь и рядомъ, песчинки его бываютъ такой малости, что не представляется никакой возможности отдѣлить песокъ отъ воды.

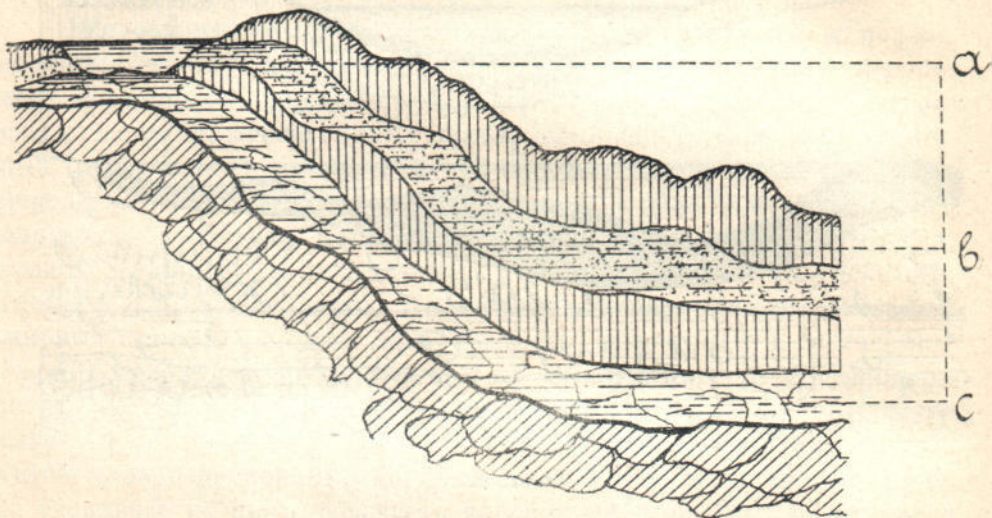


Фиг. 92.

Когда водоупорный плотный пластъ окончится, перервется или станетъ рыхлымъ, то вода изъ него проникаетъ въ нижележащія породы до новаго плотнаго грунта; здѣсь происходитъ то же, что и выше, и такъ, двигаясь въ сторону наклона слоевъ, вода опускается въ толщѣ земной коры все ниже и глубже; пока наконецъ не достигнетъ основной породы, т. е. гранита. Всѣ тѣ воды, которыя не только подстилаются водоупорнымъ пластомъ, но и покрываются имъ, называются *подпочвенными* или *грунтовыми* водами, при чемъ по отношенію къ точкѣ *m* (фиг. 92) вода пласта *a* будетъ водою первого горизонта, вода пласта *a'* — водою второго горизонта, пласта *a''* — водою третьего горизонта и т. д. Такимъ образомъ, происхожденіе грунтовой воды можетъ быть объяснено или путемъ непосредственнаго просачиванія съ поверхности, или путемъ сообщенія одного пласта съ другимъ. Грунтовые воды, расположенныя на верхнихъ ледниковыхъ наносахъ, подвержены колебаніямъ въ зависимости отъ засухъ и дождей, а тѣ грунтовки, которыя произошли отъ просочившейся рѣчной воды, измѣняютъ свой уровень въ зависимости отъ колебаній горизонта въ рѣкѣ. Грунтовые мѣстныя воды верхнихъ горизонтовъ не насыщаютъ всей толщи водоносной породы и не находятся



подъ напоромъ, такъ что, если до этой воды дойти колодцемъ или буровою скважиною, то уровень въ колодцѣ или скважинѣ не поднимается; всю эту воду можно вычерпать изъ колодца, и прежняго своего уровня вода достигнетъ только черезъ болѣе или менѣе продолжительное время. Но чѣмъ глубже располагается вода въ землѣ, тѣмъ количество ея больше, тѣмъ она чище, и такая вода находится уже подъ гидростатическимъ напоромъ, *ab* или *ac* (фиг. 93); такъ коренныя породы собираютъ дождевую, рѣчную, озерную и морскую воду съ мѣстъ, весьма удаленныхъ другъ отъ друга, и вода



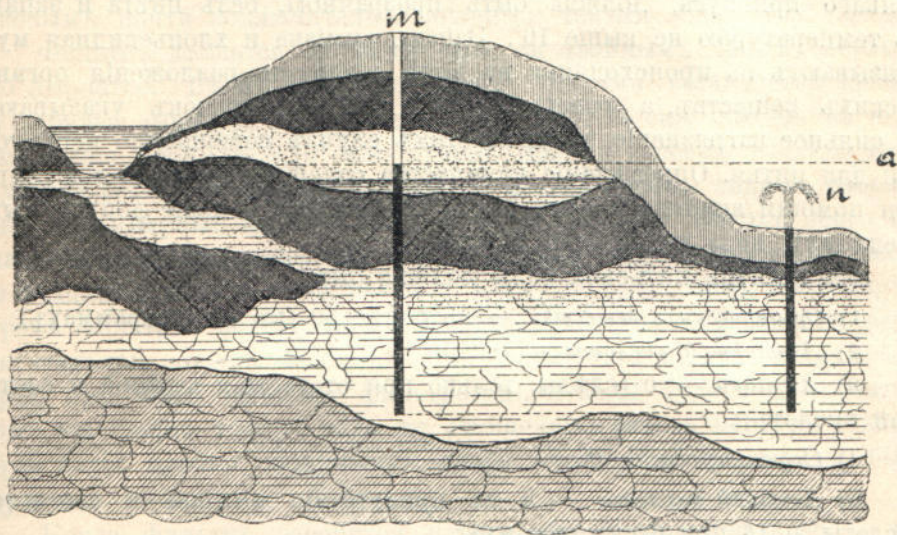
Фиг. 93.

эта находится подъ давленіемъ тѣмъ болѣе, чѣмъ больше разница между началомъ водъ *a* (фиг. 93) и какимъ-либо горизонтомъ *b* или *c*. Эти расположенныя на коренныхъ породахъ воды носятъ названіе *артезіанскихъ*. Если въ какой-либо точкѣ *m* (фиг. 94) или *n* пробить скважину, то по закону сообщающихся сосудовъ вода въ скважинѣ *m* поднимется до горизонта напора *a*, а въ скважинѣ *n* будетъ бить фонтаномъ. Происхожденіе артезіанской воды совершенно такое же, какъ и всякой грунтовой, именно: 1) вода по трещинамъ скалы проникаетъ вглубь, пока на пути ея не встрѣтится сплошной массивъ, и тогда вода течетъ по его поверхности въ низины, или 2) муьда, заключенная между непроницаемыми породами, заполнена пескомъ, или выходящимъ на дневную поверхность, или выстилающимъ дно и берега рѣки; такимъ образомъ, муьда набирается атмосферною или рѣчною водою, спускающеюся по наклону пласта.

Если водоносный пластъ перерѣзывается оврагомъ, то грунтовая вода выходитъ на дневную поверхность, выклиниваясь въ видѣ ключа или родника. При этомъ, мѣсто выхода родника на днѣ оврага



или долины обозначается обильною растительностью ярко-зеленаго цвѣта. Если породы размягчены и вода въ состояніи пробиться струйками между частицами глины, песка и камешковъ, то она вымываетъ себѣ проходъ—каналъ, по которому уже вытекаетъ безпрепятственно; поэтому ключи и встрѣчаются въ берегахъ рѣкъ, на днѣ овраговъ, тамъ, гдѣ сыро и гдѣ земля размягчена. Въ томъ же случаѣ, когда, при недостаткѣ влаги, породы, изъ которыхъ выбивается ключъ уплотняются и засыхаютъ (какъ, напр., это замѣчается у глинъ), — вода не въ состояніи пробиться, и ключъ исчезаетъ. Но стоитъ дождемъ размягчить породу или сдѣлать искусственную расчистку, и ключъ появится снова.



Фиг. 94.

Качества и составъ грунтовыхъ водъ различны и зависятъ отъ свойства тѣхъ породъ, которыя пронизываются водами. Если слои, проходимые водою, состоятъ изъ гранита или кварца, то вода мало растворяетъ ихъ и потому бѣдна солями; если же она проходитъ известняки и доломиты, то обогащается известью и магнезіей, а въ пластахъ каменной соли и гипса она оказывается съ содержаніемъ хлористыхъ и сернистыхъ соединений. Но вообще, чѣмъ глубже подземный потокъ и чѣмъ длиннѣе пройденный имъ путь, тѣмъ больше въ немъ присутствуютъ растворы минеральныхъ веществъ. Наименѣе минерализированы воды песчаныхъ и гранитныхъ слоевъ, эти воды мягкія, наоборотъ же, присутствіе въ водѣ извести и магнезій дѣлаетъ ее жесткою. Такая вода мало пригодна для употребленія; въ ней плохо развариваются овощи (особенно бобовые), плохо заваривается чай, плохо растворяется мыло и эта вода даетъ сильную накипь въ самоварѣ.



Насколько чиста вода глубокихъ подземныхъ слоевъ, настолько сильна загрязненность верховодки. Исслѣдованіями установлено, что на глубинѣ одной сажени нетронутый материкъ совершенно свободенъ отъ бактерій, въ верхнемъ же почвенномъ слое количество ихъ безчисленно.

Такъ какъ вода составляетъ насущную потребность человѣка, то при устройствѣ водоснабженія главное вниманіе должно быть обращено на качество воды, чтобы количество механическихъ примѣсей, солей и газовъ не превосходило извѣстнаго предѣла, и если вода окажется вредною для здоровья, то ею пользоваться нельзя.

Питьевая вода должна быть пріятнаго освѣжающаго вкуса, безъ всякаго привкуса, должна быть прозрачною, безъ цвѣта и запаха, съ температурою не выше 10°. Запахъ амміака и хлопьевидная муть указываютъ на происходящіе въ водѣ процессы разложенія органическихъ веществъ, а запахъ хлора и плотный осадокъ указываютъ на сильное загрязненіе воды, въ этомъ случаѣ совершенно непригодной для питья. Опредѣленіе количества солей обнаруживается лишь при помощи анализа и, если солей оказывается больше допустимыхъ предѣловъ, вода признается негодною.

На 1 литръ питьевой воды должно быть:

- 1) *Органическихъ веществъ* — не болѣе 50 (въ миллиграммахъ);
- 2) *Азотистой кислоты* — 0;
- 3) *Амміака* — 0 (слѣды, только при отсутствіи азотной и азотистой кислотъ);
- 4) *Спродорода* — 0;
- 5) *Азотной кислоты* — 5 въ присутствіи амміака и азотистой кислоты, и 15 при отсутствіи ихъ;
- 6) *Хлора* — не больше 8, если онъ является продуктомъ распада органическихъ веществъ, и до 100 mlgr. если хлоръ несомнѣнно минеральнаго происхожденія;
- 7) *Сѣрной кислоты* — 5 при органическомъ происхожденіи, а въ противномъ случаѣ до 112;
- 8) *Плотнаго остатка* допускается до 860 mlgr., если: 1) органическихъ летучихъ веществъ менѣе 50 mlgr., 2) окиси магнія менѣе 40 mlgr. и 3) сѣрникоислыхъ солей менѣе 167 mlgr. При отсутствіи 1-го условія норма понижается до 500 mlgr., а при отсутствіи всѣхъ трехъ — до 400;
- 9) *Жесткость общая*  $CaO = 180$  mlgr., перечисленная на  $CaCO_3$  соотвѣтствуетъ 32 французскимъ или 18 нѣмецкимъ градусамъ;
- 10) *Жесткость постоянная*  $= 214$  mlgr.  $CaO$ , т. е. 12 нѣмецкихъ градусовъ.

(Производство анализовъ изложено въ книгѣ М. Ohlmüller'a — „Анализъ воды“.)



Приблизительное опредѣленіе жесткости воды на мыльную пѣну дѣлается такъ. Къ испытуемой водѣ приливаютъ спиртовой растворъ чистаго бѣлаго марсельскаго мыла. Смѣсь при этомъ встряхивается, и чѣмъ больше будетъ прибавлено мыла, тѣмъ, слѣдовательно, жесткость воды будетъ больше.

Для очистки воды отъ бактерій и механическихъ примѣсей употребляются фильтры. Процессъ очистки состоитъ въ томъ, что движущаяся вода на каждой точкѣ своего пути встрѣчаетъ препятствія, промежутки между которыми меньше объема взвѣшенной въ водѣ мути, которая и задерживается этими препятствіями. Обыкновенно вода пропускается черезъ слой сыпучаго, нерастворимаго матеріала, каковымъ почти исключительно является чистый кварцевый песокъ.

Фильтръ дѣлается въ видѣ чана съ двойнымъ дномъ; верхнее дно дырчатое. Въ промежутокъ между доньями вставляется кранъ. На верхнее дырчатое дно кладется слой въ 0,15 саж. щебня, на него насыпается слой въ 0,10 саж. гравія, дальше слоемъ въ 0,05 саж. крупный песокъ и сверху засыпается мелкій песокъ такимъ слоемъ, какъ и суммарный слой нижній, т. е. въ 0,30 саж. Сверху песка наливается вода, при чемъ она всегда должна держаться слоемъ такой же толщины, какъ и слой песка, т. е. въ 0,30 саж. Вода, проходящая черезъ фильтръ, образуетъ на поверхности песка осадокъ въ видѣ растительной пленки, состоящей изъ многочисленныхъ колоній бактерій, при чемъ качество фильтрованной воды будетъ тѣмъ выше, чѣмъ эта пленка толще; вода же, прошедшая сквозь фильтръ раньше образованія пленки, получается слабо очищенною и должна быть спущена.

Когда фильтръ засорится и перестанетъ пропускать воду, что случается недѣли черезъ двѣ — три, его надо чистить. Для этого снимается пленка и верхній слой песка. Когда послѣ нѣсколькихъ очистокъ слой песка утонится на половину, фильтръ догружается новымъ чистымъ пескомъ. Чтобы на время чистки не останавливалась фильтрація, слѣдуетъ фильтръ раздѣлить пополамъ и воду пускать то въ одно отдѣленіе, то въ другое. Въ первое время послѣ очистки, пока не образуется пленка, фильтръ даетъ воду не очищенную.

Нельзя воду заставлять проходить черезъ фильтръ съ большою скоростью, иначе фильтрація будетъ несовершенною. Скорость черезъ фильтръ должна быть не больше 20 ведеръ въ сутки съ поверхности въ 1 кв. футъ.

Обводнительныя работы по ихъ характеру можно раздѣлить на три категоріи:

1 — собираніе подпочвенныхъ открытыхъ водъ, такъ называемый ~~поверхностный~~ ключевой воды;



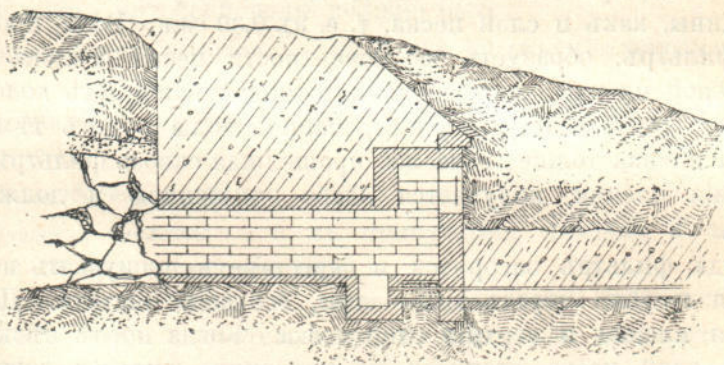
2 — собираніе подпочвенныхъ закрытыхъ водъ, иначе — *устройство колодезъ*, и

3 — собираніе атмосферныхъ дождевыхъ и снѣговыхъ водъ, или *устройство водохранилищъ* (прудовъ).

## 2. Каптажъ ключевой воды.

Гидротехническія работы, заключающіяся въ расчисткѣ и собираніи отдѣльныхъ струй въ одно цѣлое, называются каптажными работами<sup>1)</sup>.

Для сбора грунтовыхъ водъ примѣняются различныя сооруженія въ видѣ камеръ (цистернъ) и трубъ. Такъ, напр., мѣсто выхода ключа расчищается по возможности до коренной породы, по которой течетъ главная струя, и надъ этимъ мѣстомъ устраивается закрытый резервуаръ (фиг. 95), изъ котораго вода отводится по трубѣ къ насосу или бассейну. Существенно важно устроить отводъ воды изъ резервуара такимъ образомъ, чтобы не было подпора, иначе ключъ можетъ промывать себѣ выходъ въ другомъ мѣстѣ и оставить сооруженіе безъ воды.



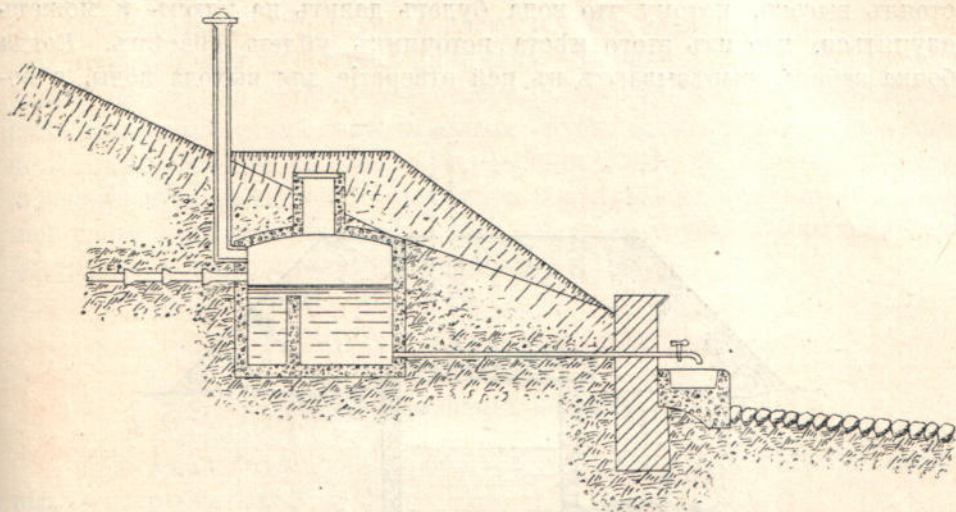
Фиг. 95.

Другой видъ каптажной цистерны представленъ на фиг. 96. На склонѣ ставится бетонная камера, вода въ которую поступаетъ по сборнымъ гончарнымъ дырчатымъ трубамъ (діаметромъ въ 4 дм.), заложеннымъ въ водоносномъ слоѣ. Внутри въ камерѣ сдѣлана перегородка для осадковъ. Изъ камеры вода по оцинкованной желѣзной трубѣ передается на разборъ подъ землею, пропускается сквозь каменную подпорную стѣнку и заканчивается краномъ. Въ предупрежденіе замерзанія кранъ долженъ имѣть затворъ внутри стѣнки. Слѣдуетъ имѣть двѣ трубы и на одной изъ нихъ кранъ долженъ быть всегда открытымъ для образованія постоянного протока.

<sup>1)</sup> Название происходитъ отъ французскаго выраженія *travaux de captage* — захватныя работы.

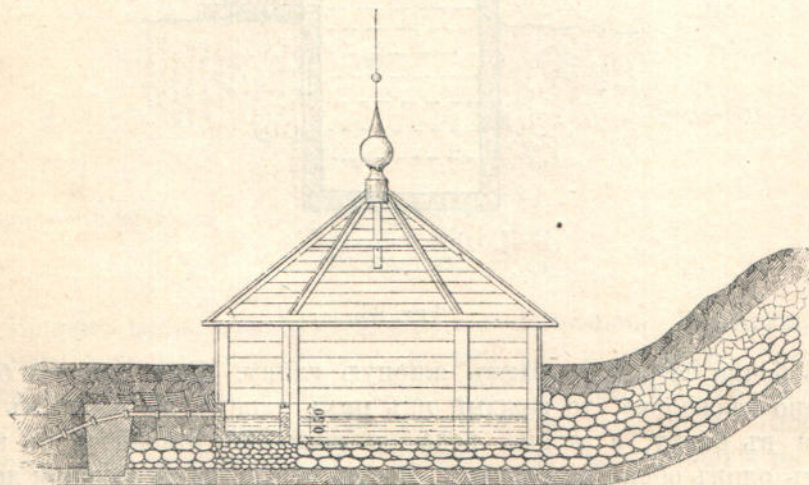


Если въ мѣстности ровной ключъ выбивается снизу вверхъ, то прежде всего снимають растительный и рыхлый слой, на которомъ



Фиг. 96.

происходит просачиваніе, а затѣмъ въ этомъ мѣстѣ понижаютъ уровень воды, вычерпывая ее вмѣстѣ съ землею. Потомъ даютъ водѣ отстояться и, бросая въ нее древесные опилки, замѣчаютъ по нимъ то мѣсто, откуда выходитъ вода, и тогда надъ этимъ мѣстомъ устанавли-

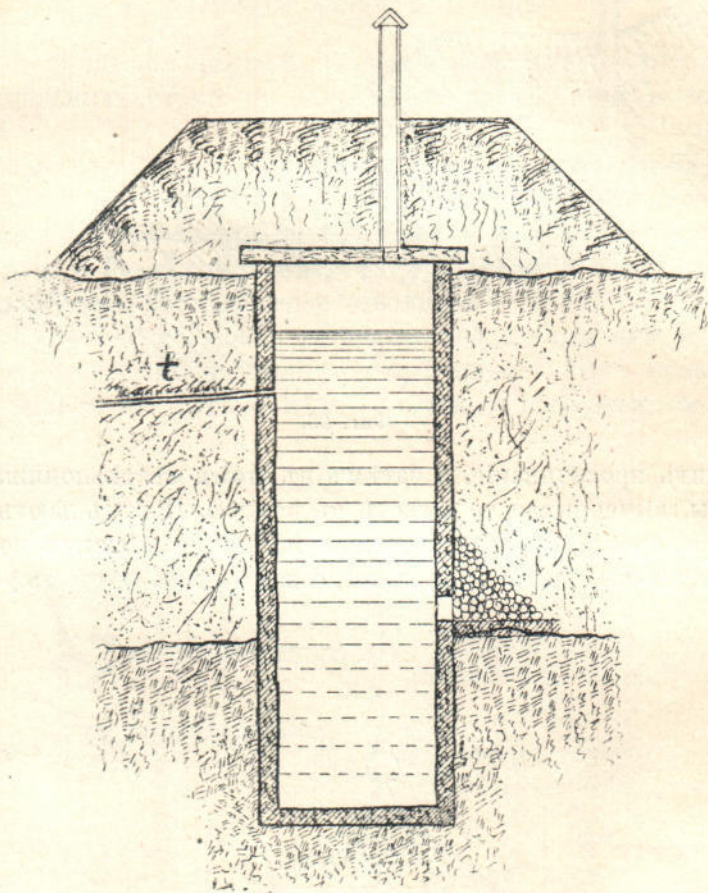


Фиг. 97.

ваютъ или бездонную конической формы бочку съ желѣзными обручами, или деревянную трубу и легкими ударами по краямъ осаживаютъ ее въ землю, вычерпывая въ это же время изъ середины бочки грунтъ. Такъ дѣлають до тѣхъ поръ, пока бочка не погрузится на-



столько, что верхній край ея только немного будетъ возвышаться надъ уровнемъ воды. Нельзя допускать, чтобы слой воды въ бочкѣ стоялъ высоко, потому что вода будетъ давить на ключъ и можетъ случиться, что изъ этого мѣста источникъ уйдетъ совсѣмъ. Когда бочка забита, вырѣзываютъ въ ней отверстіе для выхода воды, а во-



Фиг. 98.

кругъ бочки затрамбовываютъ жирную глину. Если ключей будетъ найдено нѣсколько, то каждый изъ нихъ такимъ же образомъ собирается въ бочку, а затѣмъ вода по желобамъ отводится въ какой-нибудь одинъ общій резервуаръ. Все пространство съ бочками должно быть ограждено отъ затаптыванія и загрязненія и закрыто навѣсомъ (фиг. 97).

Хорошимъ типомъ сборныхъ сооружений является также бетонная ключевая камера (фиг. 98). Для этого въ водоносномъ слое роется круглая шахта, углубляющаяся около аршина въ подстилающій глинистый слой. По мѣрѣ углубленія въ шахту



опускають или деревянный или изъ листового желѣза цилиндръ діаметромъ около 3 арш., въ который на разстояніи 5 вершковъ (толщина бетоннаго дна и стѣнокъ) вставляется другой цилиндръ. Бетонъ берется въ составѣ: 1 цемента, 3 песка и 7 гравія и наколачивается на дно шахты и между стѣнокъ цилиндра. Въ одномъ мѣстѣ надъ дномъ шахты въ стѣнкѣ оставляется отверстіе, къ которому со стороны пливуна проводятъ гончарныя дырчатыя трубы и заваливаютъ ихъ камнемъ, дѣлается это съ цѣлью задержанія пливуна. Сверху цистерна перекрывается крышкой съ лазомъ и заваливается землей. Въ верхней части цистерны дѣлается вентиляціонная труба. Собранныя вода по трубкѣ  $t$  проводится по назначенію.

### 3. Колодцы.

#### а) Изысканія на воду.

Грунтовая вода собирается въ колодцахъ обыкновенныхъ (шахтныхъ) и трубчатыхъ.

Такъ какъ грунтовые воды располагаются на различныхъ глубинахъ, а стоимость колодца опредѣляется его глубиною, то прежде, чѣмъ остановиться на выборѣ мѣста для колодца, необходимо произвести инструментальныя изысканія, не довѣряясь никакимъ поверхностнымъ осмотрамъ, не имѣющимъ никакого значенія.



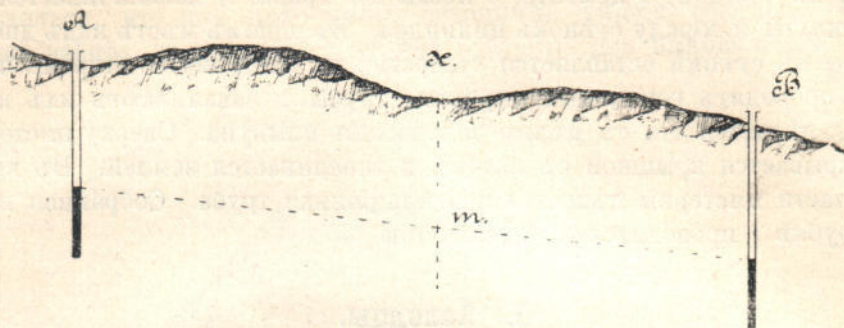
Фиг. 99.

Вопросъ прежде всего рѣшается нивелировкой. Намѣтивъ мѣсто будущаго колодца, отыскиваютъ вблизи его и не далѣе, какъ на 4 версты нѣсколько (не менѣе двухъ) уже существующихъ колодцевъ съ достаточнымъ количествомъ хорошей питьевой воды. При чемъ колодцы, хотя приблизительно, должны быть расположены на одной линіи съ будущимъ колодцемъ  $x$  (фиг. 99). Отъ колодца  $A$  къ колодцу  $B$  черезъ точку  $x$  ведется нивелировка и кромѣ того въ колодцахъ  $A$  и  $B$  опредѣляется горизонтъ воды.

Построивъ затѣмъ профиль и нанеся на немъ отмѣтки уровня воды  $A$  и  $B$  (фиг. 100), можно сдѣлать предположеніе о глубинѣ  $x$  будущаго колодца. Рѣшеніе получается болѣе вѣрнымъ, если предста-

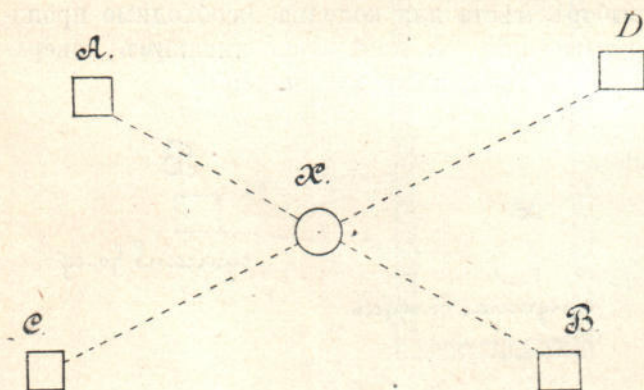


вляется возможным сдѣлать провѣрку по нѣсколькимъ парамъ колодцевъ (фиг. 101). Тогда, опредѣливъ горизонтъ воды по колодцамъ *A* и *B*, повѣряютъ его по *C* и *D*. Если профили покажутъ глубину



Фиг. 100.

предполагаемаго колодца болѣе 5 саж. или если на разстояніи 4 версты нѣтъ колодцевъ или выходовъ ключей, тогда необходимо произвести изслѣдованіе грунта однимъ изъ трехъ способовъ: 1) зондировкой, 2) шурфованіемъ и 3) буреніемъ.



Фиг. 101.

Зондировкой опредѣляется качество грунта на небольшой (около 1 сажени) глубинѣ. Для этого употребляется зондъ или шупъ. Онъ состоитъ изъ желѣзнаго прута, заостреннаго на концѣ и имѣющаго по длинѣ одну или нѣсколько зарубокъ. Зондъ загоняютъ въ

землю и, повернувъ его вокругъ оси нѣсколько разъ, вынимаютъ; по частицамъ земли, остающимся на зарубкахъ, можно судить о характерѣ пройденнаго зондомъ грунта<sup>1)</sup>.

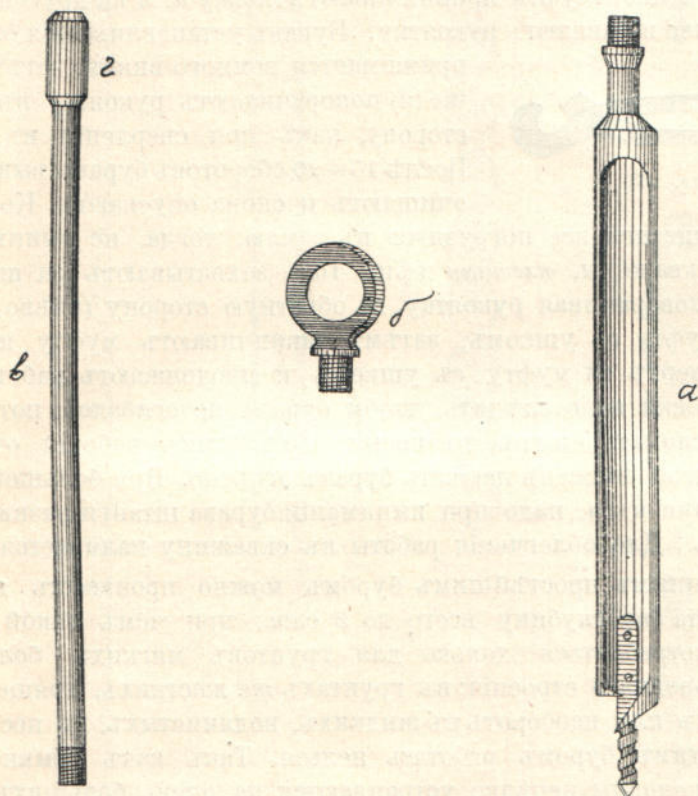
Шурфованіе есть способъ опредѣленія грунта посредствомъ рытья ямъ (шурфовъ). Обыкновенная форма шурфа прямоугольная или круглая, а наименьшіе размѣры его 1½ арш. въ діаметръ или сторонѣ квадрата. Работа шурфа состоитъ въ томъ, что рабочій посредствомъ лопаты, кирки или лома (смотря по твердости грунта) подрываетъ

<sup>1)</sup> Зондъ широко примѣняется при изысканіяхъ по осушенію болотъ (см. ниже).



грунтъ на днѣ ямы и накладываетъ его въ ведра или корзины, которыя опоражниваются наверху другимъ рабочимъ.

Только въ каменистомъ грунтѣ держатся вертикальныя стѣнки шурфа на значительной глубинѣ; въ прочихъ грунтахъ стѣнки поддерживаются деревянною одеждою-крѣпями. Последнія состоятъ изъ рамъ, сколоченныхъ изъ толстыхъ досокъ, пластинъ или тонкихъ бревенъ. За рамы закладываются доски, которыя крѣпко прижимаются къ грунту клиньями, забиваемыми между рамами и досками.



Фиг. 102.

Въ шурфованіи есть много неудобствъ: дороговизна, медленность работы и необходимость предосторожностей отъ несчастныхъ случаевъ. Поэтому наилучшимъ способомъ для развѣдки грунта является бурение.

Развѣдочное бурение заключается въ пробивкѣ на данную глубину цилиндрическаго канала, изъ котораго извлекаются образчики грунта. Бурение производится особыми инструментами, называемыми *буравами* или *бурами*.

Комплектъ бурового инструмента тѣмъ сложнѣе, чѣмъ глубже ведется бурение. Простѣйшій такъ называемый сельско-хозяйственный



буръ для скважинъ въ  $1\frac{1}{2}$  дюйма (у нѣкоторыхъ онъ называется также поисковымъ) состоитъ изъ слѣдующихъ частей (фиг. 102): *а* — буровой ложки съ винтовымъ стержнемъ вверху и винтовымъ накопечникомъ *б* — ушка съ винтовой пробкою, деревянной рукоятки, *в* — трубчатыхъ штангъ отъ 4 до 7 фут. каждая, снабженныхъ на концахъ винтовой нарѣзкою и соединяющихся муфтами *г*.

Для производства работы этимъ буромъ берутъ штангу и на оба конца ея навинчиваютъ муфту, затѣмъ на нижній конецъ при помощи уже навинченной муфты привинчиваютъ ложку *а*, а на другой ушко *б*, въ послѣднее вставляютъ рукоятку. Буравъ устанавливается отвѣсно и



Фиг. 103.

прижимается немного внизъ, затѣмъ рабочіе (2) поворачиваютъ рукоятку въ правую сторону, какъ при сверленіи въ деревѣ. Послѣ 15—20 оборотовъ буравъ вынимаютъ, очищаютъ и снова опускаютъ. Когда первое звено штанги все погрузится въ землю, тогда, не вынимая прибора изъ скважины, *клещами* (фиг. 103) захватываютъ за штангу у муфты и, поворачивая рукоятку въ обратную сторону (влѣво), отвинчиваютъ муфту съ ушкомъ, затѣмъ навинчиваютъ муфту и вторую штангу, сверхъ ея муфту съ ушкомъ и продолжаютъ работу. При очисткѣ ложки надо слѣдить, чтобы буравъ не сгибался, потому что его легко сломать, и въ то время, какъ одинъ рабочій очищаетъ ложку, другой долженъ держать буравъ отвѣсно. При большой длинѣ, напр., аршина въ 4, надо при выниманіи бурава штанги развинчивать по частямъ. Для облегченія работы въ скважину наливается вода.

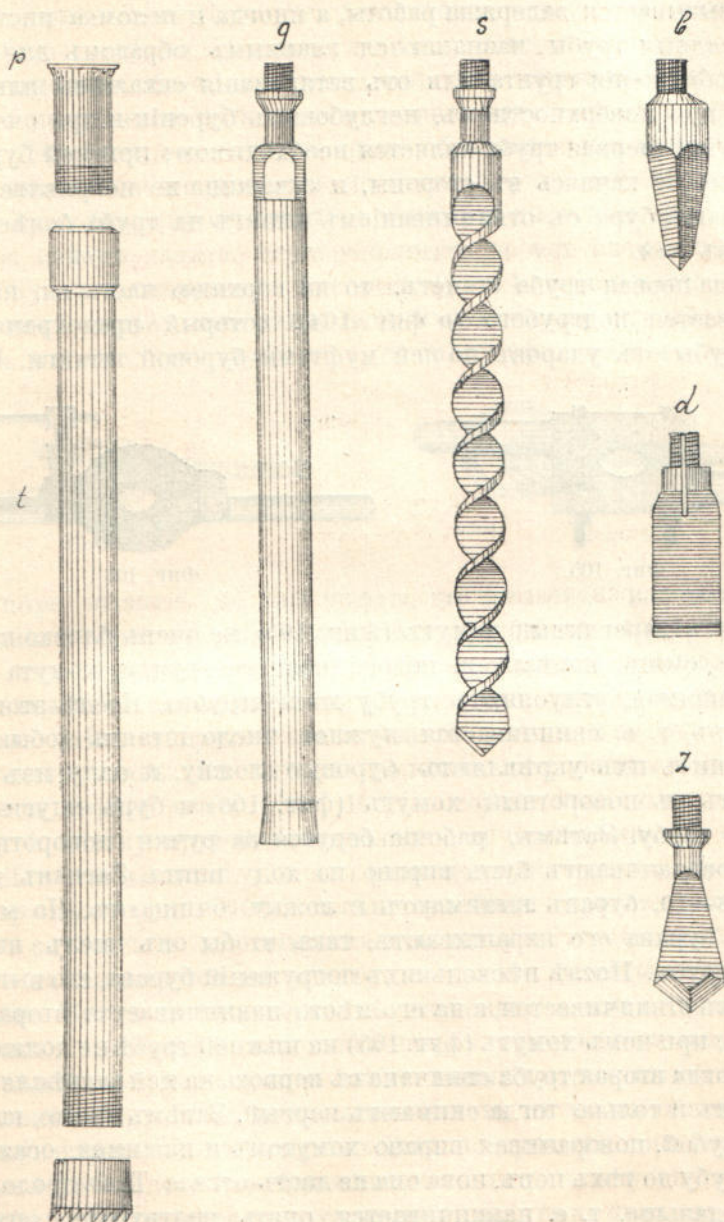
Описаннымъ простѣйшимъ буромъ можно произвести изслѣдованіе грунта на глубину всего до 3 саж., при чемъ такой буравъ можетъ употребляться только для грунтовъ мягкихъ болѣе или менѣе однороднаго строенія; въ грунтахъ же жесткихъ, хрящеватыхъ, каменистыхъ или наоборотъ въ жидкихъ, водянистыхъ, въ пескѣ и въ плывунѣ этимъ буромъ работать нельзя. Такъ какъ обыкновенные (шахтные) колодцы нерѣдко устраиваются на очень большихъ глубинахъ, то для изысканій на воду для колодцевъ употребляютъ такъ называемый *развѣдочный буравъ*, на глубину 15—20 саж. <sup>1)</sup>, дающій діаметръ скважины въ  $2\frac{1}{4}$  дюйма состоящій изъ слѣдующаго комплекта: ушка съ пробкою, ложки и штангъ—все это одинаковаго вида съ предыдущимъ (фиг. 102), затѣмъ — дальнѣйшія части (фиг. 104) *змѣевикъ s*, *пирамидальный буръ b*, *желонка d*, *долото плоское d* и *фасонное (зетовое) z*, *обсадныя трубы t*, соединяющіяся муфтами и для этого снабженные рѣзбой, *стальной башкой k* и *подтрубокъ p* <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Буръ до глубины 10 саж. даетъ діаметръ скважины одинаковый съ поисковымъ, т. е.  $1\frac{1}{2}$  дюйма.

<sup>2)</sup> Другія части указаны при описаніи хода буренія.



Бурение начинается съ того, что въ намѣченномъ мѣстѣ роется неширокая яма, около аршина глубиною. Затѣмъ берется обсадная



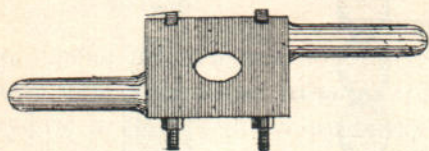
Фиг. 104.

труба, на нижній конецъ которой навинчивается башмакъ *k* (фиг. 104); съ нимъ труба опускается въ яму, устанавливается строго по отвѣсу, обсыпается землею и плотно утрамбовывается, при чемъ отвѣсность проверяется все время, пока труба не будетъ окончательно

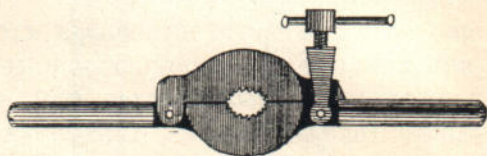


и твердо установлена. Этотъ приемъ установки первой трубы требуетъ полной аккуратности и строгаго вниманія, такъ какъ въ противномъ случаѣ вызывается задержка работы, а иногда и поломка инструмента. Хотя обсадныя трубы назначаются главнымъ образомъ для удержанія отъ обрушенія грунта или отъ затягиванія скважины плывунами, но даже при поверхностномъ, неглубокомъ буреніи и при очень стойкомъ грунтѣ первая труба является необходимою; при ней буръ идетъ правильно, не качаясь въ стороны, и скважина не искривляется; да и вытаскиваніе бура съ отвинчиваніемъ штангъ на трубѣ болѣе удобно, чѣмъ безъ нея.

Когда первая труба станетъ, то на верхнюю часть ея, на муфту, навинчивается подтрубокъ (р фиг. 104), который предохраняетъ наръзку трубы отъ ударовъ по ней муфтами буровой штанги. На трубу



Фиг. 105.



Фиг. 106.

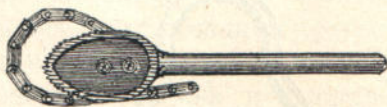
укрѣпляютъ деревянный хомутъ (фиг. 105), не очень близко къ концу, чтобы не смять наръзки и, поворачивая за ручки хомута вправо, слегка нажимая, углубляютъ трубу до подтрубка. Послѣ этого собираютъ буръ, т. е. свинчивается нужное число штангъ (обыкновенно двѣ), на низъ ихъ укрѣпляютъ буровую ложку, а одну изъ штангъ зажимаютъ въ поворотный хомутъ (фиг. 106) и буръ опускается въ обсадную трубу. Затѣмъ, рабочіе берутся за ручки поворотнаго хомута и поворачиваютъ буръ вправо по ходу винта. Загнавъ такъ сотокъ на 8—10, буравъ вынимаютъ и ложку очищаютъ. По мѣрѣ погруженія бурава его наращиваютъ, такъ чтобы онъ шелъ ниже обсадныхъ трубъ. Послѣ нѣсколькихъ погруженій бурава, его вынимаютъ подтрубокъ отвинчивается, а на его мѣсто навинчивается вторая обсадная труба, при чемъ хомутъ (фиг. 105) на нижней трубѣ не долженъ сниматься. Когда вторая труба свинчена съ первой, на ней закрѣпляютъ второй хомутъ и только тогда снимаютъ первый. Затѣмъ также, какъ и съ первой трубой, поворачивая вправо хомутомъ и нажимая, осаживаютъ вторую трубу до тѣхъ поръ, пока она не дастъ отказа. Такъ продолжается работа и дальше, т. е. навинчивается опять подтрубокъ, опускается буравъ, и по мѣрѣ углубленія, наращиваются трубы и штанги. Очень важно, когда еще буреніе неглубоко, повѣрять отвѣсность трубъ и подправлять ихъ, подталкивая землю то съ той, то съ другой стороны. Такъ ведется буреніе до глубины 3—4 саж., при болѣе глубокой скважинѣ надо ставить треноги. Берутъ три бревна толщиною вершка въ 4, а длиною аршинъ 9 и концы ихъ соединяють бол-



томъ, на которомъ вѣшается блокъ. Нижніе концы треноги крѣпко упираются въ землю, а верхъ долженъ быть установленъ такъ, чтобы крюкъ съ привязаннымъ къ нему канатомъ, переброшеннымъ черезъ блокъ, точно отвѣсно приходился надъ центромъ скважины. Тренога значительно облегчаетъ выниманіе изъ скважины инструмента, при чемъ получается возможность отвинчивать сразу по нѣскольку штангъ. Дѣлается это слѣдующимъ образомъ: на муфту верхней штанги навинчивается ушко съ пробкою (б фиг. 102), за ушко захватываютъ крюкомъ, спущеннымъ съ блока, и двое или трое рабочихъ тянутъ за конецъ каната, переброшеннаго черезъ блокъ, а двое другихъ рабочихъ захватываютъ клещами (фиг. 103) за штангу и, поворачивая слегка вправо, помогаютъ поднимать. Когда штанга подтянута до блока, на обсадную трубу кладутъ вилку (фиг. 107), развилина ко-



Фиг. 107.

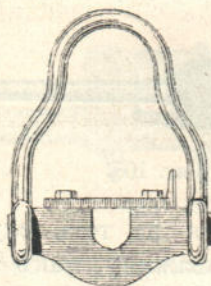


Фиг. 108.

торой шире штанги, но уже муфты, это дѣлается на тотъ случай, если штанга сорвется, чтобы она не упала въ скважину, такъ какъ муфтою она задержится за вилку. Развинчиваютъ такъ: одинъ рабочий захватываетъ клещами штангу на  $\frac{1}{4}$  арш. выше муфты и поворачиваетъ влѣво, а другой захватываетъ клещами муфту и удерживаетъ инструментъ. Въ случаѣ поломки муфтовыхъ клещей употребляется *цѣпной ключъ* (фиг. 108), который подходит ко всякому размѣру и потому примѣняется также для развинчиванія обсадныхъ трубъ. Для той же цѣли, т. е. для развинчиванія штангъ, примѣняется еще *фарштулъ* (фиг. 109), весьма удобный приборъ, который къ тому же служить и для вытаскиванія штангъ; тогда пробка съ ушкомъ не навинчивается на штангу, а крюкъ захватываетъ за петлю фарштула. Когда такимъ образомъ нѣсколько штангъ отвинчено, на послѣднюю, вышедшую изъ скважины, навинчивается опять пробка или укрѣпляется фарштулъ и вновь поднимаются штанги доверху. При развинчиваніи надо не забывать класть на верхъ обсадной трубы вилку, при фарштулѣ эти не нужно. Такъ поступаютъ, пока весь приборъ съ ложкой не выйдетъ изъ скважины. Очистивъ ложку, опускаютъ буръ также осторожно по частямъ и, чтобы инструментъ не упалъ въ скважину, на обсадной, трубѣ должна лежать вилка въ то время, когда штанги свинчиваются. Если при несоблюденіи осторожности приборъ упадетъ въ скважину или сломается въ ней, то на остающуюся наверху часть навинчиваются *ловилки* двоякаго рода; такъ, если упадетъ штанга съ муфтою, то пускаютъ *метчикъ* (фиг. 110), чтобы онъ попалъ внутрь штанги. Тогда, крѣпко нажимая, стараются ввинтить въ нее метчикъ



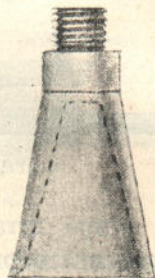
и осторожно поднимаютъ. Если же штанга или сорвется въ нарѣзкѣ, или упадетъ безъ муфты, то опускаютъ *колокольчикъ* (фиг. 111), который или попадаетъ на нарѣзку, или дѣлаетъ ее по наружной сторонѣ штанги и такимъ образомъ захватывается ее. Лучше всего работать ложкой, если же надо проходить плотныя вязкія глины и слежавшіеся суглинки, пускаютъ змѣевикъ (*з* фиг. 104), при этомъ черезъ нѣсколько оборотовъ надо приподнимать буръ, чтобы нарушить связь между порою и тою ея частью, которая захвачена инструментомъ. Если на днѣ скважины попадаетъ камень или галька, что легко замѣтить по звуку, то нужно или раздвинуть гальку, отодвинуть камень или разбить его, для этого сейчасъ же надо вынуть буравъ, отвинтить ложку, а на ея мѣсто навинтить пирамидальный буръ (*б* фиг. 104). Поднявъ



Фиг. 109.



Фиг. 110.



Фиг. 111.

затѣмъ буравъ настолько, чтобы можно было держать за поворотный хомутъ, сразу по командѣ бросаютъ буравъ въ скважину, а въ это время двое рабочихъ, нажимая внизъ хомутомъ, поворачиваютъ инструментъ на  $\frac{1}{4}$  оборота вправо, затѣмъ опять поднимаютъ, вновь опускаютъ и т. д. При работѣ пирамидальнымъ буромъ или долотомъ вообще при ударномъ буреніи примѣняются ударныя штанги, отличающіяся отъ обыкновенныхъ только болѣе толстыми стѣнками, а слѣдовательно и болѣе большимъ вѣсомъ. Ударная штанга всегда берется только одна и помѣщается у самого долота, перемѣщая такимъ образомъ своимъ вѣсомъ центръ тяжести всего бурава на долото и этимъ уменьшая возможность поломки инструмента при ударахъ. На ударную штангу навинчивается затѣмъ нужное число обыкновенныхъ. Когда удары сдѣлаются глухими, тогда буравъ вынимаютъ, берутъ желонку (*г* фиг. 104), привинчиваютъ къ ней узенькое ушко, къ нему привязываютъ веревку и по веревкѣ опускаютъ желонку въ скважину. Желонка представляетъ собою трубу съ клапаномъ. Это устройство желонки позволяетъ набирать въ нее погруженіемъ не только сыпучій грунтъ, но и воду. Когда желонка опущена въ скважину, гдѣ разбитъ камень или гравій, то ею дѣлаютъ 10—20 ударовъ, потомъ вынимаютъ, опоражниваютъ, споласкиваютъ и вновь



опускаютъ; такъ продѣлываютъ, пока не будетъ вынута вся измельченная порода. Подобнымъ образомъ ударное буреніе ведется въ плотныхъ глинахъ и сплошныхъ каменистыхъ напластованіяхъ, только въ этомъ случаѣ примѣняются долота, фасонное или зетовое (*z* фиг. 104) при очень крѣпкомъ каменистомъ грунтѣ и плоское (*d* фиг. 104) въ грунтѣ не слишкомъ крѣпкомъ. При буреніи въ пескѣ и гравіи, когда порода не держится въ ложкѣ, работаютъ желонкой, для чего инструментъ вынимается, на мѣсто ложки навинчивается желонка, ее опускаютъ въ скважину, дѣлаютъ 10—20 ударовъ, все время поворачивая, чтобы песокъ не захватилъ желонку, и, когда уже не будетъ слышно стука клапана, инструментъ вынимаютъ, опорожняютъ, ополаскиваютъ и вновь опускаютъ. Наибольшею трудностью отличается буреніе въ плывунѣ; песокъ поднимается въ трубахъ нерѣдко на значительную высоту, захватывая при этомъ желонку. Этотъ грунтъ стараются пройти возможно скорѣе, просто осаживая обсадныя трубы, и, когда плывунъ будетъ запертъ трубами, его вычерпываютъ желонкой, но иногда мощность пласта бываетъ такъ велика и притокъ плывуна настолько быстръ, что закрѣпить его является дѣломъ чрезвычайной трудности, песокъ заполняетъ скважину и работу приходится бросать. Слѣдуетъ имѣть въ виду при этомъ еще слѣдующее соображеніе: чѣмъ мельче плывунъ, тѣмъ труднѣе получить изъ него воду, поэтому если предполагается построить колодезь деревянный, то при встрѣчѣ съ плывуномъ лучше всего работу бросить: забить плывунъ можно только дорого стоящею шпунтовой стѣнкою, дерево въ плывунѣ скоро сгніетъ, а мѣнять его нельзя, такъ какъ грунтъ вслѣдъ заплываетъ.

При заложеніи буровой скважины надо наблюдать, чтобы рабочее не увеличивали нормальнаго напряженія инструмента, не привязывали, напримѣръ, къ хомутамъ тяжести, не сажались на буръ и т. д. Слѣдствіемъ этихъ пріемовъ является скручиваніе, погнутіе и поломка частей. Если бы вмѣстѣ съ буравомъ начала вращаться и труба, то ее удерживать нельзя, иначе она можетъ развинтиться на глубинѣ, а только надо трубу очистить желонкой. Если труба станетъ сама собою садиться, то ее надо задержать, положивъ на землю два бруска и зажавъ между ними трубу хомутомъ. Буреніе ведется вообще медленно; легче всѣхъ грунтовъ проходится глина, хуже—песокъ особенно мелкій и сухой, а на плотномъ, крѣпкомъ камнѣ (при глубокомъ буреніи) иногда не проходятъ больше вершка въ день.

Во время буренія берутся образцы породы и ведется буровой журналъ, примѣрно, такой формы:



### Вуровой журналъ

скважины №..... заложенной (тамъ-то). Скважина начата и закончена (такого-то) числа, мѣсяца и года.

№№	ПРОЙДЕННЫЯ ПОРОДЫ.	Глубина за- гання въ саж.	Мощность.	Водоносный горизонтъ.					Разрѣзъ скважины.
				№№	Глубина загання въ саж.	Мощность	Установив- шійся уро- вень.	Притокъ ведеръ въ часть.	
1	Растительный слой. . . . .	0,00	0,30	1	2,70	—	—	1,3	Здѣсь помѣщается схематическій чертежъ (фиг. 112) въ масштабѣ: 0,01=2 саж.
2	Желтая глина . . . . .	0,30	0,65		Вода	горьк	осоле-		
3	Песокъ съ водой. . . . .	0,95	3,30		ная, за	перта	тру-		
4	Глина бурая. . . . .	4,25	2,30	2	9,28	0,85	9,34	2,5	
5	Глина бурая съ хрящемъ.	6,55	2,73		Вода	пріятн	аго ос-		
6	Хрящъ съ водой. . . . .	9,28	0,85		вѣжающа	го вкуса,			
7	Камень. . . . .	10,13	—		безъ прив	уса,			
					цвѣта и за	паха.			

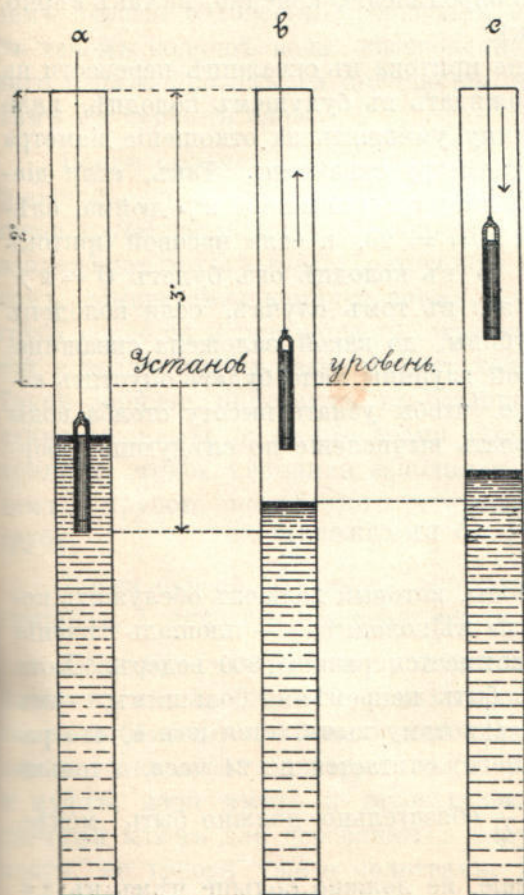
Когда скважина доведена до водоноснаго горизонта и вода остановится на постоянномъ уровнѣ, надо опредѣлить притокъ воды этого водоноснаго слоя. Опредѣленіе дѣлается путемъ откачки слѣдующимъ образомъ:

Замазавъ дно желонки глиною, откачиваютъ нѣсколько желонкохъ. Предположимъ, что установившійся уровень былъ на глубинѣ 2 саж. отъ поверхности; предположимъ затѣмъ, что путемъ откачки мы уровень понизили до 3 саж. и рѣшаемъ на этомъ горизонтѣ дѣлать опредѣленія. Чтобы не опускать желонку ниже той глубины, на которой рѣшено производить измѣреніе притока, закладываютъ между прядями веревки, на которой виситъ желонка, тряпку или палочку, которая должна приходиться къ устью скважины. Вода, вытѣсняясь желонкою и продолжая поступать въ скважину, поднимется и, булькая, станетъ вливаться въ желонку черезъ верхнее окошечко. Когда звукъ бульканья замретъ, т. е. когда, слѣдовательно, желонка наполнится (а фиг. 113), то, точно записавъ этотъ моментъ, вытаскиваютъ желонку; въ этотъ моментъ вода въ скважинѣ станетъ не на уровнѣ 3 саж., а выше, — именно на высоту того объема воды, который заключался между желонкою и трубою (б фиг. 113). Когда вода изъ вынутой желонки вылита, желонку снова опускаютъ въ скважину; за это время вода прибываетъ и уровень ея повышается (с фиг. 113). Когда опять желонка наберется, ее вновь выливаютъ, опоражниваютъ и

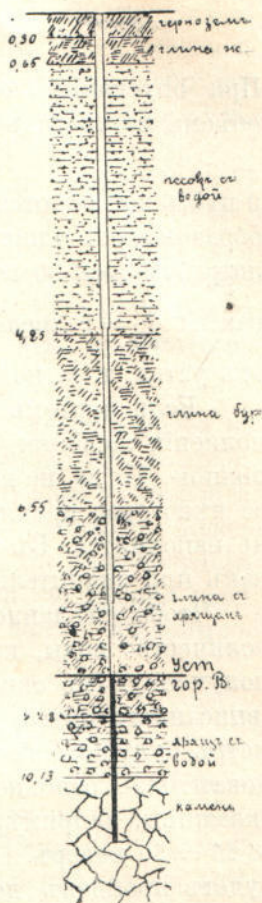


снова опускаютъ. При хорошо сдѣланныхъ опредѣленіяхъ промежутки между двумя моментами времени наполненія желонкохъ будутъ одинаковы. Раздѣливъ на 60 этотъ промежутокъ времени, выраженный въ секундахъ, получимъ притокъ воды въ числѣ желонкохъ въ 1 минуту, а, зная объемъ желонки, найдемъ величину минутнаго притока въ скважинѣ въ объемныхъ единицахъ. Пусть, напр., емкость желонки 50 куб. дм. ( $1^{1/15}$  ведра), высота ея отъ дна до верхняго окошечка 34 дм., внѣшній діаметръ  $1\frac{3}{4} = \frac{7}{4}$  дм., а внутренній діаметръ обсадной трубы  $2\frac{1}{4} = \frac{9}{4}$  дм.; тогда объемъ между желонкой и стѣнками трубы будетъ:

$$\frac{\pi}{4} \left( \frac{9}{4} - \frac{7}{4} \right)^2 \times 34 = 53,5 \text{ кб. дм.}$$



Фиг. 113.



Фиг. 112.

Этотъ объемъ, послѣ вынута желонки займетъ въ трубѣ:

$$53,5 : \left( \frac{\pi}{4} \times \frac{9^2}{4^2} \right) = 13,5 \text{ дм.} = 0,16 \text{ смж.}$$

Слѣдовательно, глубина от-  
качки будетъ:

$$3,00 - 0,16 = 2,84 \text{ саж.}$$

Предположимъ, что между вынүтиемъ желонки и вторичнымъ ея опусканіемъ прошло 10 секундъ и пусть за это время уровень въ скважинѣ поднялся (см. с фиг. 72) на 0,05 саж. = 4,2 дм. или на:



$$\frac{\pi}{4} \times \left(\frac{9}{4}\right)^2 \times 4,2 = 16,5 \text{ куб. дм.}$$

При опусканіи желонки эта вода вольется въ нее, но до полного объема не хватитъ

$$50 - 16,5 = 33,5 \text{ куб. дм.}$$

и пусть потребуется еще 20 секундъ, чтобы желонка набралась; такимъ образомъ, отъ одного момента опусканія (подъема) желонки до другого, потребовалось 30 сек. Слѣдовательно, притокъ скважины въ минуту равенъ  $\frac{60}{30} = 2$  желонкамъ или  $50 \cdot 2 = 100$  куб. дм. на глубинѣ 2,84 отъ устья, т. е. подъ напоромъ 0,84 саж.

Если притокъ въ скважинѣ очень слабъ, то бульканье при на полненіи желонки будетъ незамѣтно и желонку можно вынуть неполною. Тогда, не выливая воду, опускаютъ желонку обратно, держатъ ее нѣкоторое время, снова опускаютъ и т. д. до тѣхъ поръ, пока она не наполнится. Въ этомъ случаѣ опредѣленіе, конечно, не такъ вѣрно, какъ при значительномъ притоцѣ.

Чтобы сдѣланное опредѣленіе притока въ скважинѣ перевести на количество воды, какое нужно ожидать въ будущемъ колодецѣ, надо полученную въ скважинѣ величину умножить на отношеніе діаметра (вписаннаго круга) колодца къ діаметру скважины. Такъ, если діаметръ будущаго колодца 2 арш., діаметръ скважины  $2\frac{1}{4}$  дюйма, слѣдовательно, отношеніе ихъ  $(56 : 2\frac{1}{4}) = 25$ , и если часовой притокъ скважины, на примѣръ, 2 ведра, то въ колодецѣ онъ будетъ  $Q = 2 \times 25 = 50$  ведеръ. Разумѣется это въ томъ случаѣ, если колодецъ будетъ пройденъ до той же глубины, до какой заложена скважина.

Чтобы опредѣлить, до какой глубины надо будетъ опустить колодецъ въ водоносный слой, т. е. чтобы узнать высоту столба воды въ будущемъ колодецѣ, надо сдѣлать вычисленіе по слѣдующей формулѣ:

$$x = 10 \frac{(n - Q)}{s} + 0,5 \text{ въ саженьяхъ,}$$

гдѣ  $n$  — тотъ часовой расходъ воды, который долженъ обслужить колодецъ,  $Q$  — часовой притокъ воды въ колодецъ,  $s$  — площадь сѣченія колодца. Кубическая сажень принимается равною 800 ведеръ. Хотя часовой притокъ воды долженъ быть непремѣнно большимъ, чѣмъ часовое потребленіе изъ него, но  $Q$  потому вычитается изъ  $n$ , что работа колодца (т. е. выборка изъ него) считается не 24 часа, а только

10 часовъ, при этомъ отношеніе  $\frac{n}{Q}$  обязательно должно быть менѣ

$\frac{24}{10} = 2,4$ ; т. е. часовое потребленіе не должно больше чѣмъ въ 2,4 раза превышать часовой притокъ. Такъ, если положить часовой при-



токъ 50 ведеръ (около 0,07 куб. саж.), то часовое потребление не должно быть болѣе  $50 \times 2,4 = 120$  (0,15 куб. саж.), т. е. въ 10-ти часовой день можно при такомъ притокѣ воды брать изъ колодца 1,200 ведеръ и тогда глубина при площади сѣченія колодца, на примѣръ, въ 0,4 саж. будетъ

$$x = 10 \frac{(0,15 - 0,07)}{0,4} + 0,5 = 2,5 \text{ саж.}$$

Такъ какъ глубина воды въ колодцѣ не должна быть больше двухъ аршинъ, то найденную величину  $x$  надо раздѣлить на 0,66 и этимъ опредѣлится число колодцевъ для даннаго мѣста. Такъ, въ вышеприведенномъ примѣрѣ надо  $2,5 : 0,66 = 4$  колодца.

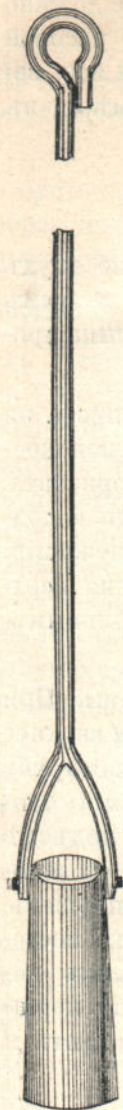
Вмѣстѣ съ опредѣленіемъ расхода скважины берется и проба на качество воды. Если вода окажется плохую или мощность водоноснаго слоя недостаточною, то буреніе ведутъ до слѣдующаго горизонта. Слѣдуетъ замѣтить при этомъ, что вообще полезно прорѣзать колодцемъ первый водоносный горизонтъ и углубиться въ нижележащій. Въ такомъ колодцѣ вода обыкновенно поднимается до уровня верхняго слоя и притокъ ея получается значительно болѣе обильнымъ, чѣмъ въ первомъ слоѣ.

Послѣ окончанія буренія трубы вынимаются изъ скважины. При большой глубинѣ дѣло это довольно трудное. Обыкновенно на верхнее звено трубы накладываются накрестъ два хомута и, поворачивая трубу непремѣнно только *вправо*, осторожно поднимаютъ ее рычагами, блокомъ, домкратами; нерѣдко всѣми тремя вмѣстѣ. Если при подъемѣ труба сорвется и останется въ скважинѣ, то берутъ штангу съ муфтой и возлѣ муфты наворачиваютъ холстъ, чтобы образовать поршень. Такой поршень опускаютъ въ оставшуюся трубу, затѣмъ его постепенно вращаютъ и въ это время сыплютъ въ скважину песокъ понемногу, чтобы песчинки заполняли всѣ промежутки между поршнемъ и трубою, послѣ этого осторожно съ поршнемъ поднимаютъ и трубу.

Когда буреніе закончено, инструментъ долженъ быть разобранъ, очищенъ, а муфты и винтовые части смазываются олеонафтомъ.

Если буровыя работы приходится вести вдали отъ города, а тѣмъ болѣе въ степи, гдѣ ни о какихъ мастерскихъ не можетъ быть рѣчи, то, во избѣжаніе остановокъ или задержекъ въ работѣ, кромѣ необходимаго комплекта инструментовъ, а также запасныхъ штангъ, трубъ и муфтъ, надо имѣть и такіе вспомогательные инструменты, какъ гаечный ключъ для деревянныхъ хомутовъ, клуппъ, труборъзъ, домкраты, не говоря уже о молоткахъ, веревкахъ, топорахъ, гвоздяхъ, канатѣ и проч.





Фиг. 114.

Кромѣ описанныхъ способовъ изысканія на воду, есть еще одинъ, который по сравненію съ предыдущими, можно назвать кустарнымъ способомъ развѣдки водоноснаго горизонта на небольшой глубинѣ посредствомъ землянаго пробоя или стакана. Весь инструментъ состоитъ изъ желѣзной, слегка коничной трубы длиною дюймовъ 7—8 и діаметромъ въ нижней части 3, а въ верхней 2½ дюйма (фиг. 114). Къ верхнему концу развилиною укрѣпляется желѣзный стержень длиною въ 1 саж. и толщиною въ  $\frac{3}{4}$  дюйма, заканчивающійся въ верхней части кольцомъ для веревки. Край нижняго отверстія изнутри стачивается наостро. Работаютъ этимъ нехитрымъ приборомъ ударами съ размаху, стараясь бить въ одну точку и отвѣсно. Земля набирается въ стаканъ, изъ котораго выколачивается. Когда весь стержень станетъ уходить въ пробитую скважину, то его вытаскиваютъ веревкой, привязанной за кольцо. При опытности и ловкости удастся въ одинъ день пробить скважину сажени въ 3.

#### б) Обыкновенные (шахтные) колодцы.

Когда путемъ развѣдки опредѣлится глубина, на которой находится требующійся мѣстными условіями притокъ воды, и когда вычисленіемъ будетъ найдена та глубина, до которой надо опустить колодець, заготавливаютъ матеріалъ и приступаютъ къ рытью шахты, т. е. ямы, въ которой устанавливаются стѣнки колодца.

Дно ямы, обыкновенно, остается открытымъ, боковыя же стѣнки ея закрѣпляются очень тщательно деревомъ, камнемъ или бетономъ.

Деревянные колодцы бываютъ или квадратнаго, или шестиугольнаго сѣченія. У первыхъ длина стороны „въ свѣту“ дѣлается въ 2 аршина и только въ очень плотныхъ, каменистыхъ породахъ уменьшается до 1½ арш.; для шестиугольныхъ же колодцевъ діаметръ шахты берется въ 2 арш., такъ что сторона шестиугольника получается „въ свѣту“ въ 1 аршинъ.

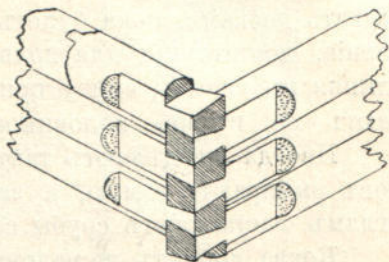
Для четырехугольныхъ — роется шахта квадратная, для шестиугольныхъ — круглая. Сначала до глубины около 1 саж. землю копаютъ «на выкидь», а затѣмъ поднимаютъ ее бадьей. Для этого надъ устьемъ шахты ставятся двѣ стойки, на которыя прочно утврждается поперечина и къ послѣдней крѣпко привязывается блокъ, черезъ который перебрасывается просмоленный канатъ, толщиною дюйма въ 1½ съ привязаннымъ къ нему желѣзнымъ штыремъ, на концы котораго веревочными петлями надѣвается дубовая съ желѣзными обручами бадья ведръ въ 5 емкости. Другой конецъ каната наворачивается на вертикальный воротъ (кабестанъ), устанавливаемый въ 1½—2 саж. отъ шахты; разстояніе, между стѣнками ворота дѣлается въ 1½ саж. Въ предупрежденіе несчастныхъ



случаевъ слѣдуетъ ежедневно нагружать бадью камнями пудовъ до 10 и, то поднимая, то опуская ее, убѣждаться въ прочности каната.

Шахту роютъ безъ крѣпей до тѣхъ поръ, пока на стѣнкахъ не начнутъ появляться трещины, указывающія на возможность обрушенія. Въ стойкихъ, тощихъ грунтахъ иногда удается пройти шахту безъ крѣпленія аршинъ до 8—9; въ жирной же быстро сохнущей глинѣ рѣдко можно опуститься глубже 3—4 арш. За состояніемъ стѣнокъ шахты надо очень внимательно слѣдить и, какъ только появятся трещины, сейчасъ же слѣдуетъ прекратить выкопку и немедленно приступить къ крѣпленію срубомъ.

Въ виду этого срубъ заготавливается одновременно съ рытьемъ шахты. На срубъ употребляются четырехвершковые бревна или, для неглубокихъ колодцевъ, пластины, получаемыя распиловкою пятивершковыхъ бревенъ вдоль по оси, такимъ образомъ каждая пластина имѣетъ ширину 5 вершковъ и толщину  $2\frac{1}{2}$  вершка. Для квадратнаго колодца длина пластины должна быть 2 арш. 5 вершковъ — 2 арш. чистаго свѣта и по  $2\frac{1}{2}$  вершка съ каждого конца на соединеніе въ косую лапу (фиг. 115), для шестиугольнаго колодца длина пластины 1 арш. 6 вершковъ — по 3 вершка съ каждого конца на соединенія. Слѣдуетъ замѣтить, что срубъ квадратный предпочтительнѣе шестиугольнаго; во первыхъ площадь у перваго при указанныхъ размѣрахъ получается большею, нежели у втораго, затѣмъ число угловъ въ каждомъ вѣнцѣ у втораго больше, слѣдовательно работы на вѣнецъ затрачивается больше, и работа стоитъ дороже наконецъ, косыя врубки въ углахъ менѣе прочны, чѣмъ прямыя, и вся шестиугольная призма получается менѣе устойчивою, нежели четырехгранная.



Фиг. 115.

При рубкѣ пластины ставятся на ребро и нумеруются. Бревна необходимо пазить: рубать и причерчивать, чтобы сквозь щели не просачивались грязь и песокъ, а стороны бревенъ, обращенныя внутрь колодца, слѣдуетъ стесывать.

Лучшій лѣсъ для сруба ольха, липа или береза, какъ сообщающій водѣ меньшій привкусъ древесины, но эти породы не прочны въ вѣкъ; дубъ сохраняется дольше всякаго другого дерева, зато портитъ вкусъ, особенно свѣжей рубки и въ первое время. Правильнѣе было бы ту часть сруба, которая опущена въ воду, дѣлать изъ дубоваго лѣса, а выше горизонта воды — изъ дуба.

При укладкѣ сруба главное вниманіе обращается на то, чтобы срубъ шелъ правильно въ вертикальномъ направленіи. Проверку эту дѣлаютъ черезъ каждыя 2—3 саж. Одновременно съ опусканіемъ

сруба въ шахту, слѣдуетъ постоянно наблюдать за состояніемъ стѣнокъ шахты и, какъ только появятся трещины, немедленно прекратить выкопку и приступить къ крѣпленію срубомъ.



сруба, опускаютъ въ колодезь (въ бадьяхъ) и глину, которою тщательно затрамбовываютъ пространство между шахтой и срубомъ. Глина, кромѣ ея водонепроницаемости, сжимаетъ срубъ и способствуетъ его устойчивости. Когда срубъ выведенъ до поверхности, дальнѣйшее углубленіе колодца дѣлается «подводкой», для чего подъ половину нижняго вѣнца (3 стороны въ шестиугольномъ и 2 — въ квадратномъ) подбиваютъ клинья, а подъ другую половину осторожно и постепенно подкапываются, одновременно углубляя шахту по всей ея площади. При этомъ временно нижнія звенья полезно скрѣпить съ вышележащими желѣзными скобами и аршина на 3 отъ низа расшивать досками, пока будетъ итти подводка. Когда образуется углубленіе, достаточное для подвода пластинъ, ихъ подкладываютъ (соединяя въ углахъ, снизу пригоняя на мѣста. Затѣмъ то же продѣлываютъ со второю половиною и такъ ведутъ работу все глубже.

Иногда же дѣлаютъ такъ: подъ срубомъ на глубинѣ 3—4 вѣнцовъ выбираютъ землю, а затѣмъ, постукивая по сторонамъ и по угламъ, заставляютъ срубы садиться.

Когда дойдутъ до водоупорнаго пласта, то на немъ заканчиваютъ колодезь. Если мощность этого пласта не изслѣдована предварительной развѣдкой, то надо быть осторожнымъ, чтобы не пробить пласть и не спустить воду въ нижележащій слой. Подъ нижній вѣнецъ сруба подкладывается основаніе, въ видѣ рамы изъ бревенъ съ удлиненными концами, сопряженными въ полдерева, а на дно шахты надо положить или доски или слой щебня (гравія). Для прочности и устойчивости стѣнки сруба на всю ихъ длину расшиваются пластинами или вершковыми досками, или же вѣнцы одинъ съ другимъ соединяются вставными шипами. Чтобы сквозь срубъ не попала въ колодезь верховодка, вокругъ него на  $\frac{1}{2}$  саж. и на глубину не меньше 0,66 саж. роется яма, въ которую затрамбовывается жирная глина.

Срубъ въ сѣченіи 2 арш.  $\times$  2 арш. не доводится до поверхности на 0,5 саж. и заканчивается уменьшенною головкою въ сѣченіи 0,40 саж. (фиг. 116). Это уменьшеніе отверстія сруба предохраняетъ стѣнки отъ обиванія ихъ ведрами, при чемъ въ ведра не попадаетъ грязь и слизь, неизбежно покрывающая стѣнки. Вся головка до верху пригоняется въ четверть съ шипомъ „въ потемокъ“ въ углахъ, кромѣ того, вѣнцы насквозь прохватываются болтами, концы которыхъ расклепываются въ холодномъ состояніи. Головка сверхъ земли обшивается досками, наверху обводится досчатою рамою и закрывается крышкою на петляхъ. Крышка при этомъ должна быть такого размѣра, чтобы въ отверстіе проходило только ведро. Этимъ колодезь предохраняется и отъ излишняго загрязненія и отъ введенія въ него большого притока холоднаго воздуха. При небольшихъ глубинахъ колодца (3—4 саж.) и при значительныхъ морозахъ, вода въ водоносномъ горизонтѣ замерзаетъ около сруба и не проникаетъ въ колодезь.

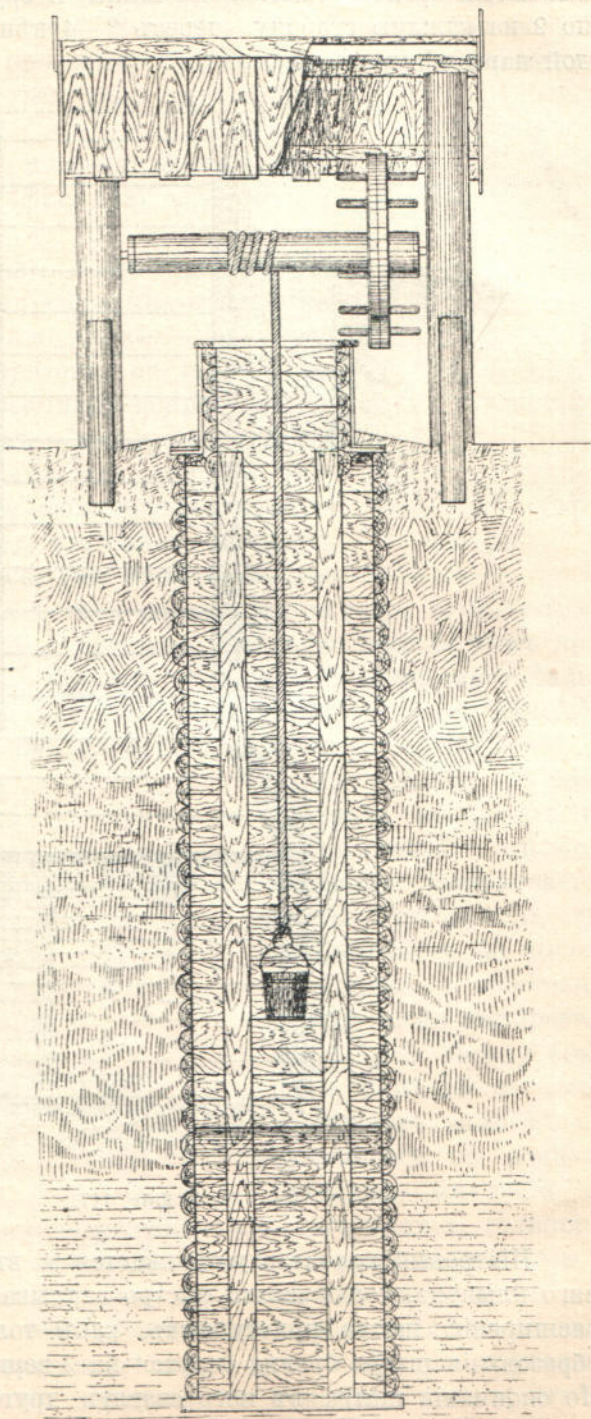


Надъ землею срубъ возвышается на 0,33 саж. Вокругъ колодца на сажень надо сдѣлать плотно утрамбованную отсыпь вышиною у головки въ 0,15 саж. и отмостить камнемъ.

При погруженіи сруба воду или отливаютъ бадьями или выкачиваютъ насосомъ. Для этой цѣли лучший насосъ — діафрагмовый. Помѣщаютъ его на разстояніи 2 саж. отъ низа на площадкѣ, положенной на подшитые къ стѣнкамъ сруба бруски, и на высоту до 5—6 саж., этимъ насосомъ можетъ работать одинъ человѣкъ.

При плавунѣ надо тщательно выбирать песокъ подъ углами и слѣдить, чтобы срубъ ровно опускался. Срубъ наращивается сверху и остается нагруженнымъ на ночь; при тщательной очисткѣ отъ пловуна стѣнокъ срубъ за ночь опускается до 0,50 саж. Полезно на ночь класть временный досчатый полъ, тогда утромъ легче выбрать воду и песокъ.

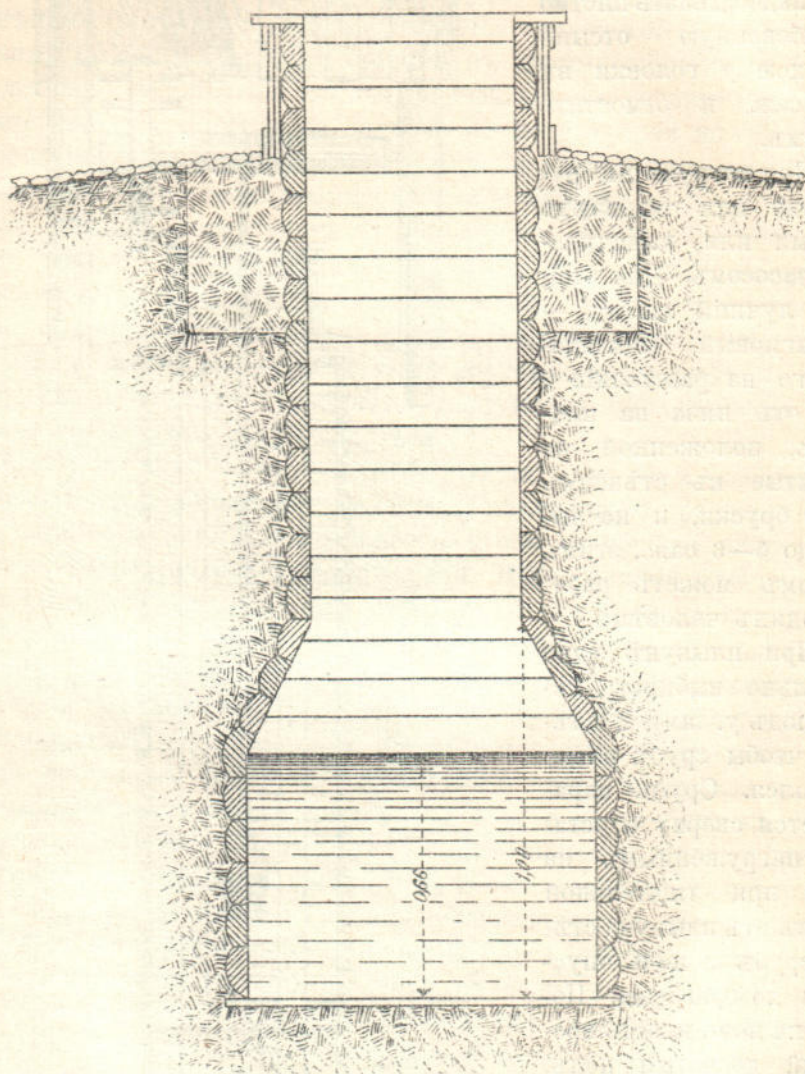
Если воды хотятъ получить больше, а работу шахты уменьшить и сэкономить на срубѣ, то строить колодцы *шатровые* (фиг. 117). При этомъ стѣнны плотно припазо-



Фиг. 116.



ываются, бревна ставятся на шипы и срубъ расшиваютъ брусками, по 2 на каждую сторону, черезъ 3—4 вѣнца, въ разбѣжку для каждой пары вѣнцовъ.



Фиг. 117.

Шатровый колодезь устраивается и въ случаѣ очень водоноснаго пльвуна, когда шахта быстро заплываетъ. Въ этомъ случаѣ къ расширенію шатра приступаютъ, какъ только появится вода. Для образованія шатра бревна берутся на 3 вершка длиннѣе одно другого. По окончаніи шатра въ него ставятъ другой—меньшій, такъ называемый ящикъ. Сборку его ведутъ снизу вверхъ, тщательно припазовывая и проконопачивая мхомъ, чтобы всѣми мѣрами добиться не-

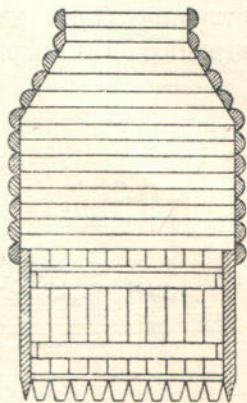


проницаемости его для пльвуна. Когда ящикъ готовъ, пльвунъ изъ него выбираютъ, забрасывая его за стѣнки, въ пространство между нимъ и шатромъ; ящикъ при этомъ будетъ садиться, но онъ непременно долженъ возвышаться надъ горизонтомъ пльвуна на 5—6 вѣнцовъ.

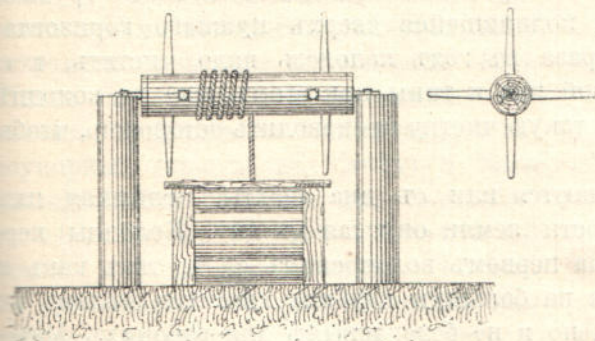
Иногда вмѣсто второго шатра дѣлается ящикъ изъ шпунтовыхъ досокъ (фиг. 118), которымъ и запирается пльвунъ.

Дно колодцевъ въ пльвунахъ дѣлается досчатымъ, при чемъ на полъ забрасываются камни и засыпается щебень. Пола не дѣлаютъ только въ случаѣ очень слабаго притока, но щебень на 0,10 саж., долженъ быть засыпанъ непременно.

Устройство колодцевъ — работа трудная и опасная. Особенно вредными для здоровья оказываются колодезные газы. Обыкновенно присутствіе ихъ узнается по тому, что свѣча начинаетъ тухнуть (на глубинѣ 8 саж. уже приходится работать со свѣчей). Такъ какъ газы скопляются за ночь, то по утрамъ колодезники „прокачиваютъ“ колодезь, для чего, прежде чѣмъ приступить къ работамъ, нѣсколько разъ спускаютъ и поднимаютъ бадью или рогожу. Газы эти въ изобиліи выдѣляются или изъ каменноугольныхъ породъ или изъ иловатыхъ и черныхъ глинъ.



Фиг. 118.



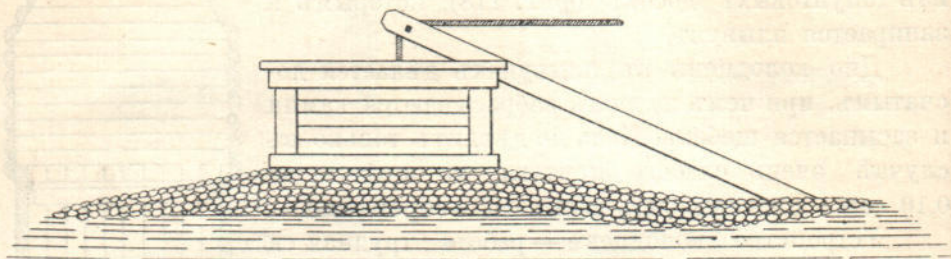
Фиг. 119.

Для защиты отъ дождей надъ колодцемъ на двухъ столбахъ съ подкосинами устраивается зонтикъ. Столбы надъ землею ставятся на высоту до 4 арш., а разстояніе между ними выбирается въ 3 арш. Между столбами помѣщается пяти-вершковый валъ съ посаженными на концахъ бугелями, имѣющій въ

центрахъ осевые шипы изъ завершеннаго круглаго желѣза, толщиною въ 1 дюймъ. Валъ помѣщается на высотѣ 2 арш. надъ землею и лежитъ шипами въ подшипникахъ, укрѣпленныхъ на столбахъ. При глубинѣ колодца до 3—4 саж. примѣняется воротъ, для чего въ валъ закрестъ вставляются деревянные спицы (фиг. 119); для глубокихъ колодцевъ валъ снабжается деревяннымъ колесомъ, діаметромъ въ 2 арш. съ рукоятками на его окружности. Наконецъ, очень практичное приспособленіе: блокъ на отдѣльномъ бревнѣ (фиг. 120), а еще луч-



ше—блокъ на бревнѣ и на желѣзныхъ кронштейнахъ внутри колодца ниже крышки. Но самымъ лучшимъ приспособленіемъ для разбора воды изъ колодца является насосъ. Если же вода выбирается ведрами, то надо непременно требовать, чтобы ведро было одно—общественное, такъ какъ прицѣпныя ведра и веревки являются распространителями заразы.



Фиг. 120.

Чтобы вода въ колодцѣ не застаивалась и не портилась, надо, чтобы глубина воды была не больше  $1\frac{1}{2}$ —2 арш. и чтобы вода чаще выбиралась.

Постоянно возобновляемая вода какъ бы приобретаетъ свойства текучей. Если же вода не возобновляется, то она портится, главнымъ образомъ оттого, что органическія вещества въ срубѣ разлагаются и сообщаютъ водѣ непріятный вкусъ и гнилой запахъ. Очень полезно если есть возможность въ неглубокихъ колодцахъ сдѣлать трубой отводъ самотекомъ воды, поднявшейся сверхъ нужнаго горизонта: затѣмъ не менѣе одного раза въ годъ колодезь надо чистить, т. е. снимать съ дна тонкій слой ила и тины, при этомъ, если въ колодцѣ нѣтъ досчатого дна, надо такую чистку производить осторожно, чтобы не углублять срубъ.

*Каменные колодцы* дѣлаются или съ дна шахты, поднимая ихъ кверху, или съ поверхности земли опуская къ дну. Колодцы перваго рода устраиваются на первомъ водоносномъ слоѣ, такъ какъ и работа и подача матеріала на большую глубину является дѣломъ не только затруднительнымъ, но и не безопаснымъ для рабочихъ. Матеріаломъ для колодцевъ служитъ естественный камень, который при этомъ долженъ быть крѣпкимъ, постелистымъ, не долженъ разсыпаться, окрашивать и портить вкусъ воды. Сильно обожженный кирпичъ употребляется только въ крайнихъ случаяхъ.

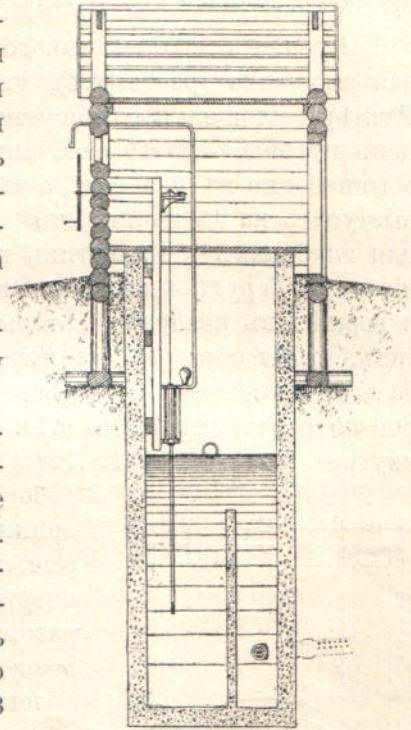
Діаметръ колодца обыкновенно=0,50 с. (въ свѣту), а толщина стѣнокъ 0,25 с. Работа начинается съ того, что стѣнки шахты крѣпятъ досками и распорками, заклинивая послѣднія; затѣмъ на днѣ шахты въ водоносномъ слоѣ укладывается квадратный помостъ въ 1 саж. въ сторонѣ, изъ 2-хъ вершковыхъ досокъ или пластинъ, чтобы на немъ помѣстился діаметръ колодца въ 0,50 с. и двѣ толщины



кладки по 0,25 саж., т. е. тоже 0,50 с. Дальнейшее устройство колодезь ничѣмъ не отличается отъ обыкновенной каменной кладки на поверхности земли; кладка должна идти непремѣнно горизонтальными рядами, камни надо класть плотно другъ къ другу, съ тщательною расщепенкою. Въ водоносномъ слоѣ иногда кладку ведутъ насухо, хотя лучше всего ее вести на цементномъ растворѣ, въ особенности если камни крупные, неправильной формы или кирпичъ; только при камняхъ слоистыхъ породъ, напр., известковыхъ, когда ихъ легко обдѣлать плитами любого размѣра, можно кладку вести насухо, но въ верхней части колодца для защиты отъ верховодки надо непремѣнно употреблять растворъ. По мѣрѣ поднятія кладки, досчатая крѣпи снимаются и пространство за колодеземъ засыпается и забивается легкой трамбовкой. Въ глубокомъ колодезѣ каменщики работаютъ въ люлькахъ, висящихъ на веревкахъ, перекинутыхъ черезъ блокъ на перекладинѣ надъ колодеземъ.

Верхъ колодца закрывается деревянною крышкою, скатъ и зонть—какъ у деревянныхъ колодезѣй.

При обильномъ водою и неглубокомъ—до 2—3 саж. водоносномъ горизонтѣ весьма хорошимъ является такое устройство *бетоннаго колодца* (фиг. 121). Шахта опускается ниже водоноснаго горизонта, врываясь въ подстилающій водоупорный пластъ (въ глину) и тамъ закладывается бетонное дно толщиной въ 0,06 саж. въ составѣ 1 цемента + 3 песка + 4 гравія или 1 цемента + 4 песка. На дно шахты ставится цилиндръ изъ



Фиг. 121.

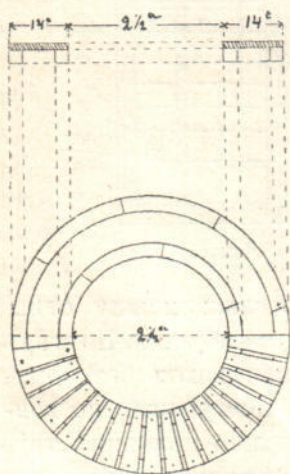
плотнаго котельнаго желѣза діаметромъ въ 0,66 саж.; между стѣнами шахты и цилиндра накладывается бетонъ и трамбуется. По мѣрѣ заполнения, цилиндръ поднимаютъ и вновь наколачиваютъ бетономъ. Такъ дѣлаютъ до поверхности. Вода въ колодезь поступаетъ по гончарнымъ, глазурированнымъ, дырчатымъ въ въ верхней половинѣ трубамъ. Колодезь разгораживается бетонною перегородкою для отложенія въ первомъ отдѣленіи мелкаго песка. На предѣльномъ горизонтѣ закладывается трубка для постоянного стока и освѣженія воды. Когда колодезь законченъ, шахта засыпается и забивается глиною, а дырчатая поверхность трубъ покрываются мхомъ, щебнемъ, крупнымъ пескомъ и сверху естественнымъ грунтомъ. Колодезь за-



крывается крышкой съ люкомъ на случай починки, чистки и т. п. Для разбора воды лучше всего поставить насосъ съ маховикомъ и все заключить въ будочку, оставивъ снаружи маховикъ и разборную трубку.

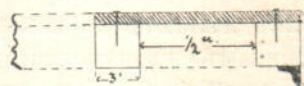
Когда приходится шахтою проходить через водоносный горизонтъ въ особенности черезъ пливунъ и когда колодезь получается большой глубины, когда рытье такой шахты является дѣломъ мало того что дорогимъ, но и опаснымъ, тогда прибѣгаютъ къ устройству каменныхъ, такъ называемыхъ, „опускныхъ колодцевъ“, не требующихъ предварительнаго рытья шахты, а слѣдовательно и крѣпленія ея.

Прежде всего для такого колодца дѣлается деревянная кольцевая площадка (ростверкъ), на которой будетъ возводиться кладка. Размѣръ площадки согласуется съ діаметромъ колодца, для колодцевъ глубиною до 15 саж. внутренній (чистый) діаметръ его дѣлается обыкновенно въ 0,50 саж., а за наружныя стѣнки колодца рама должна выступать на  $\frac{1}{2}$  дюйма для неглубокихъ колодцевъ и на 1 дюймъ для глубокихъ<sup>1)</sup>. Начертивъ на землѣ или на помостѣ кругъ такого діаметра, берутъ 4-хъ вершковые брусья, рѣжутъ ихъ на косяки въ 3 вершка въ квадратъ, которые затѣмъ укладываютъ по чертѣ круга такъ, чтобы образовалось кольцо съ діаметромъ внутри въ 0,50 саж. за этимъ кольцомъ, концентрически съ нимъ, дѣлается такое же второе по расчету толщины стѣнокъ  $= 0,1 D + 0,05$  саж., гдѣ  $D$ —діаметръ внутри колодца (фиг. 122). Косяки крѣпко скрѣпляются между собою гвоздями, а на кольца накладываютъ аршинные куски вершковыхъ досокъ, которые прибиваются гвоздями и обрѣзаются по очертанію круговъ по косякамъ. Такимъ образомъ получается деревянная площадка для возведенія на ней каменной стѣнки. Чтобы облегчить опусканіе ея въ землю, наружный ободъ снабжается рѣзцомъ. Для этого площадку переворачиваютъ низомъ вверхъ и на наружномъ ободѣ укрѣпляется рѣзецъ изъ углового желѣза (фиг. 123).



Фиг. 122.

Когда площадка готова, въ назначенномъ для колодца мѣстѣ роютъ круглую яму глубиною



Фиг. 123.

<sup>1)</sup> Стѣнки колодца подвержены давленію земли, поэтому для устойчивости должна быть соблюдена зависимость между глубиною колодца и его наружнымъ діаметромъ. Послѣдній не слѣдуетъ дѣлать меньшимъ  $\frac{1}{10}$  всей глубины.



въ 1 саж.<sup>2)</sup> и такого діаметра, чтобы свободно помѣщалась площадка. Дно ямы тщательно планируется по ватерпасу и на него укладывается площадка. Послѣ этого приступаютъ къ каменной кладкѣ. Ведется она очень тщательно на цементномъ растворѣ въ составѣ 1:3, съ соблюденіемъ перевязки и горизонтальности рядовъ; швы должны быть возможно тоньше. Камни выбираютъ постелистые и грани ихъ приходящіяся внутрь колодца должны быть болѣе узки, чѣмъ грани обращенныя къ тылу, тогда они будутъ заклинивать другъ друга и не будетъ выпирания ихъ внутрь колодца. Такъ выводится кладка на высоту 0,66 саж.; затѣмъ на ней кладется кольцо изъ широкаго шиннаго желѣза толщиной въ  $\frac{1}{4}$  д., параллельное нижнему, и съ нижнимъ кольцомъ это верхнее соединяется 6 штырями изъ круглаго желѣза въ  $\frac{3}{4}$  дюйма (штыри, конечно, пропускаются раньше, чѣмъ будетъ выведена кладка, въ которую они замуровываются). Въ нижней рамѣ штырь удерживается головкой, а къ верхней прикрѣпляется гайкой. Эта вторая рама скрѣпляется такими же штырями съ третьей и т. д. Для уменьшенія тренія между кладкой и прилегающимъ къ ней грунтомъ по наружной окружности нижней рамы слѣдуетъ сдѣлать обшивку тесомъ, упирая верхніе торцы обшивки во второе кольцо.

Когда кладка будетъ выведена выше поверхности земли на 0,50 саж., тогда устанавливаютъ перекладину съ блокомъ и кабестанъ, а въ колодець опускаютъ бадью. Рабочій посрединѣ дна колодца роетъ воронкообразное углубленіе и равномерно подкапывается кругомъ подъ деревянное кольцо. Вслѣдствіе тяжести кладки, выдавливаются изъ-подъ кольца къ серединѣ дна частицы грунта и кольцо вмѣстѣ съ кладкою опускается. Земля извлекается изъ колодца бадьей. Когда колодець опустится до поверхности земли, каменщики опять доводятъ кладку до высоты въ 0,50 саж., вновь подрываютъ грунтъ и т. д. При погруженіи кладки необходимо слѣдить, чтобы колодець опускался равномерно, постепенно и не перекашиваясь. Въ случаѣ, если колодець накренится въ одну сторону, надо немедленно подрывать грунтъ съ противоположной стороны и на этой сторонѣ усилить нагрузку, поднимая стѣнку, пока колодець не выровняется.

Кирпичные колодцы дѣлаются глубиною 3—4 саж., строить ихъ лучше всего изъ лекальнаго кирпича на томъ же цементномъ растворѣ 1:3 съ такою же толщиной стѣнокъ, какъ и каменныхъ колодцевъ, т. е. въ  $0,1 D + 0,05$  саж.

Когда колодець опущенъ до такой глубины, съ которой получается уже достаточный притокъ воды, то его надо погрузить еще на 0,25 саж., вынувъ для этого землю, а затѣмъ на дно надо насыпать

<sup>2)</sup> Глубже 1 саж. трудно рыть на выкидку, трудно затѣмъ въ такую яму опустить матеріалъ и неудобно въ ней работать.



гравія. Стѣнки колодца полезно оштукатурить цементнымъ растворомъ, въ составѣ 1:2.

Въ стѣны задѣлываются желѣзныя скобы для лазанія внутрь. Головка колодца или оставляется изъ того же самаго камня, только выбирается лучшій и выкладывается на цементъ, или кладется изъ кирпича и штукатурится цементомъ.

Вокругъ колодца непременно дѣлается глиняное кольцо шириною и глубиною не менѣ аршина, кругомъ на сажень устраиваютъ мостовую (это непременно при опускаемыхъ колодцахъ), поднимая ее на  $\frac{1}{2}$  арш. у головки, и тогда послѣднюю возвышаютъ на аршинъ.



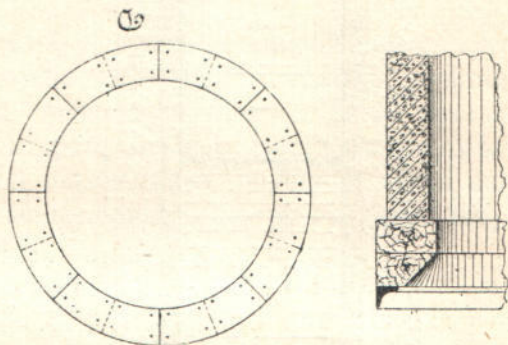
Фиг. 124.

Дальнѣйшее устройство — т. е. крышка, воротъ и зонть дѣлается какъ и у другихъ колодцевъ.

Бетонные опускаемые колодцы дѣлаются изъ отдѣльных колецъ (фиг. 124). Они отличаются своею непроницаемостью, монолитностью, гладкостью стѣнокъ, облегчающею ихъ опусканіе, прочностью, долговѣчностью и чистотою. Кольца изготовляются въ желѣзныхъ формахъ, состоящихъ изъ внутренней трубы, наружнаго кожуха, чугунной подкладки и верхней муфты. Формы дѣлаются соответственно размѣрамъ колецъ, которыя имѣютъ внутренній діаметръ 0,50 саж., высоту 0,33 саж. и толщину стѣнокъ 0,06 саж. Бетонъ берется въ составѣ: 1 цем. + 2—3 песка + 5 гравія или 1 цем. + 4 песка; для



глубокихъ колодцевъ составъ берется жирнѣе, въ 1 цем.  $\div$  2—3 песка. На ровной площадкѣ кладется подкладка, на нее ставится кожухъ и труба, внутри которой помѣщаются клинья. Между кожухомъ и трубою накладывается слой въ 5—6 дм. бетона и плотно страмбовывается желѣзною бабкою; затѣмъ накладывается новый слой и такъ поднимается до верха. Верхъ сглаживается и на него накладывается муфта для образованія углубленія стыка. Послѣ этого, осторожно, изнутри трубы вынимаются клинья и тогда труба ослабляется и отстаетъ отъ бетона; затѣмъ соединительные болты кожуха вынимаются, кожухъ раскрывается на шарнирахъ и, отнимается. Кольцо на подкладкѣ остается отъ 2 до 4 дней, послѣ этого его можно положить на бокъ. Чтобы не было прилипанія бетона, всѣ части формы и подкладка смазываются растворомъ сѣраго мыла. Въ теченіе 10—14 дней кольцо надо раза 2—3 въ день поливать, а черезъ мѣсяцъ можно брать въ дѣло; перевозить же можно только ведѣль черезъ 6; при перевозкѣ надо особенно тщательно упаковывать стыки. Для опусканія колодца дѣлается рама изъ двухъ рядовъ толстыхъ досокъ съ ножомъ внизу (фиг. 125). На раму ставится первое кольцо и земля подрывается;



Фиг. 125.

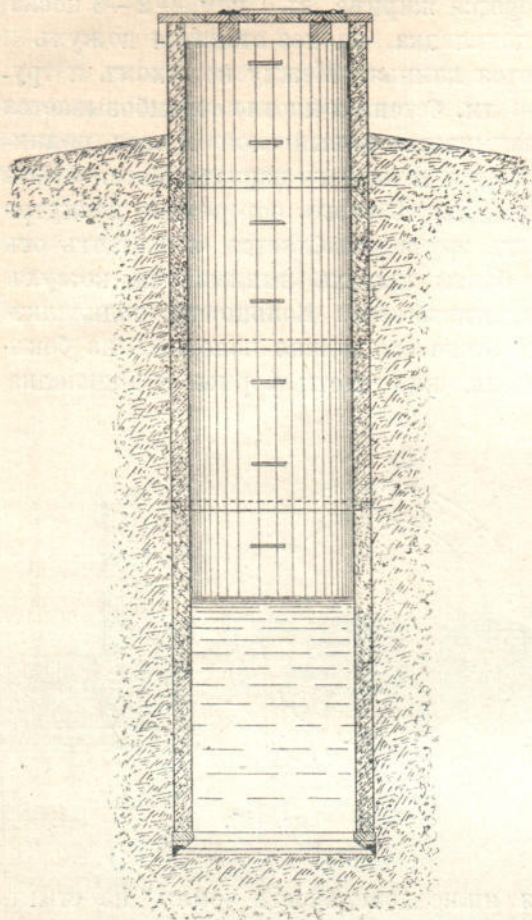
когда первое кольцо опустится ниже поверхности земли, на стыкъ его ставится слѣдующее, при чемъ стыки смазываются цементнымъ растворомъ въ составѣ 1:2. Когда колодецъ опущенъ въ водоносный слой на 0,15 саж., на дно насыщается гравій. Кольца снабжены скобами для лазанія внутрь (фиг. 126). Головка обдѣлывается деревянною крышкою.

Чтобы колодцы не загрязнялись, ихъ надо устраивать подальше отъ кладбищъ, бань, прачечныхъ, скотныхъ дворовъ, отхожихъ мѣстъ и т. п.

### в) Трубчатые (буровые) колодцы.

Подземная вода можетъ быть собираема, кромѣ обыкновенныхъ, въ трубчатые колодцы, состоящіе изъ желѣзныхъ трубъ, погружаемыхъ въ водоносные слои. Стѣнки трубчатыхъ колодцевъ такимъ образомъ совершенно непроницаемы ни для верховодки, ни для сточныхъ и вообще грязныхъ водъ, тогда какъ стѣнки колодцевъ

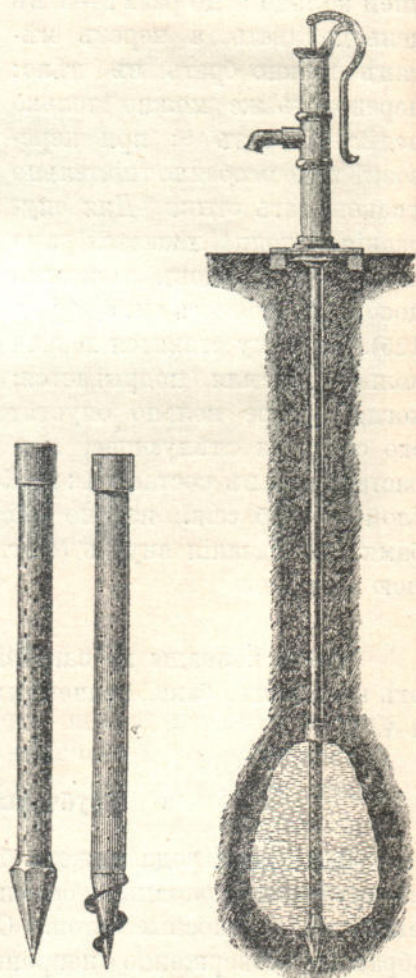




Фиг. 126.

зомъ, преимущество буровыхъ колодцевъ передъ шахтными: гарантія въ смыслѣ чистоты и незагрязняемости; чистота воды и предохраненіе ея отъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ; большее постоянство дебита; наконецъ, безопасность для жизни и здоровья при устройствѣ. Трубчатые колодцы стоятъ дешевле шахтныхъ уже при глубинѣ въ 10 саж., но все же есть случаи, когда трубчатыми колодцами нельзя замѣнить шахтные, такъ, напр., когда мощность водоноснаго слоя не велика, когда вода въ скважинѣ находится на очень боль-

шихъ, не только деревянныхъ, но въ нѣкоторыхъ случаяхъ и каменныхъ, даже бетонныхъ, съ теченіемъ времени становятся водопроницаемыми: это наблюдается въ томъ случаѣ, когда грунтовая вода содержитъ въ себѣ желѣзо. Затѣмъ, какъ бы тщательно ни закрывалась головка шахтнаго колодца крышкою, все-таки въ него сверху попадаетъ грязь и съ ведрами заносится зараза. Такимъ обра-



Фиг. 127.



шой глубинѣ и качка своими домашними ручными приспособленіями является недостаточною.

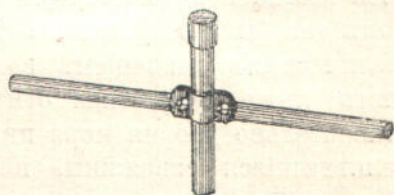
Простѣйшіе трубчатые колодцы — *абиссинскіе*, иначе называемые Нортоневскими, мгновенными, американскими. Они погружаются въ землю до грунтовыхъ водъ, если уровень послѣднихъ располагается не глубже 3 саж.



Фиг. 128.

*Абиссинскій колодезь* состоитъ изъ желѣзныхъ оцинкованныхъ трубъ діаметромъ въ 1—2½ дм., соединяющихся нарѣзными муфтами. Нижняя труба продырявлена и покрыта прочною, густою, металлическою сѣткою, предохраняющею трубу отъ всасыванія въ нее вмѣстѣ съ водою песку и илу. Стальной наконечникъ опускной трубы снабженъ винтообразнымъ, иногда копьевиднымъ, остриемъ (фиг. 127) и внутри имѣетъ шаровой клапанъ.

Для погруженія трубы сначала дѣлаютъ скважину специальнымъ землянымъ буромъ (фиг. 128), а затѣмъ трубы ввинчиваются при помощи простого желѣзнаго ворота (фиг. 129). Труба съ копьевиднымъ наконечникомъ не ввинчивается, а забивается въ землю. Этотъ способъ хуже предыдущаго. Когда



Фиг. 129.

длина трубы отъ поверхности земли до шарового клапана будетъ равна 3 саж., работу прекращаютъ и сверху навинчиваютъ колонку съ носкомъ и рычагомъ. Въ колонкѣ ходитъ насосный поршень, присасывающій воду по трубѣ съ глубины 3 саж. Хотя теоретически насосъ долженъ всасывать воду съ глубины 5 саж. (34 фута), но, вслѣдствіе конструктивныхъ недостатковъ насоса, высота подъема принимается въ 3 саж., считая отъ уровня воды до верхняго размаха поршня. Можно опустить трубы и ниже 3 саж., напр., на 4 саж., но тогда надо ставить насосъ не на землѣ, какъ на фиг. 127, а вырыть шахту глубиною въ 1 саж., на дно которой и помѣстить поршень насоса, такъ, однакоже, чтобы длина трубы, т. е. высота всасыванія, не превосходила предѣльной—3 саж.

Производительность абиссинскихъ колодцевъ выражается въ 3—4 ведрахъ въ минуту при діаметрѣ въ 2½ дм. Конечно, можно ставить подъ рядъ нѣсколько такихъ колодцевъ и соединять ихъ



сливные носки однимъ общимъ желобомъ или трубою большого діаметра, и такимъ образомъ общее количество добываемой воды получится любой величины.

Какъ обыкновенные, такъ и абиссинскіе колодцы рѣдко основываются на коренной породѣ, залегающей въ большинствѣ случаевъ на значительной глубинѣ, поэтому, по большей части, колодцы закладываются на мѣстныхъ водоносныхъ горизонтахъ, въ ледниковыхъ наносахъ. Иногда эти горизонты простираются до 5—6 верстъ, но вода въ нихъ, какъ и всякая верхняя грунтовка, подвержена случайностямъ, колебаніямъ и даетъ небогатый притокъ. Поэтому, въ тѣхъ случаяхъ, когда требуется имѣть воду въ большомъ количествѣ, съ постояннымъ неизмѣннымъ притокомъ, закладываютъ глубокія буровыя скважины, такъ назыв. *артезіанскіе колодцы*. Названіе это произошло отъ французской провинціи Артуа, гдѣ такіе колодцы были устроены впервые еще въ XII вѣкѣ.

Въ обществѣ принято называть артезіанскою водою только ту, которая фонтаномъ бьетъ изъ скважины. Такое понятіе не вѣрно. Фонтанирующія самоизливающіяся воды сравнительно рѣдки; въ большинствѣ горизонты воды устанавливается ниже устья скважины, изъ которой вода извлекается насосомъ. Но, тѣмъ не менѣе, артезіанская вода всегда поднимается въ скважинѣ выше того уровня, на которомъ она была встрѣчена, и тѣмъ выше, чѣмъ подѣ большимъ гидростатическимъ давленіемъ вода находится подѣ землею, а также и чѣмъ ниже абсолютная отмѣтка мѣста. Если мѣсто расположено относительно уровня моря низко, то тамъ нерѣдко получаютъ самоизливающіяся скважины, но чѣмъ выше поднимается мѣстность, тѣмъ глубже устанавливается въ скважинѣ вода (см. фиг. 94).

Признакомъ того, что встрѣченная скважиною вода есть дѣйствительно артезіанская, служить, во 1-хъ, *внезапное* поднятіе ее во время буренія, а, во 2-хъ, при энергичной и продолжительной (по крайней мѣрѣ часовъ 10) откачкѣ артезіанская вода *быстро* опять становится на свой горизонтъ. Если пласть, по которому циркулируетъ артезіанская вода, очень мелкозернистъ, то вода поднимается медленно, но иногда встрѣчаются очень обильные водоносные слои въ трещиноватой породѣ; вода въ этихъ случаяхъ вырывается изъ скважины настолько съ большою силою, что выбрасываетъ трубы, производитъ обвалы и проч., какъ, напр., это имѣло мѣсто при заложеніи скважины въ Брянскомъ арсеналѣ, когда внезапно изъ девонскихъ известняковъ съ сильнѣйшимъ шумомъ стала вырываться мощная струя, поднимавшаяся на нѣсколько саж. надѣ землею и дававшая въ первое время больше 2 миллионѣвъ ведеръ въ сутки.

Такъ какъ заложеніе буровой скважины дѣло дорогое, то въ артезіанскомъ колодцѣ стараются получить не только возможно большее количество воды, но и большій ея напоръ, и съ этою цѣлью при бу-



реніи проходятъ нѣсколько водоносныхъ породъ, пока не остановятся на слоѣ съ достаточною водоносною мощностью.

Выборъ мѣста для буровой скважины — дѣло очень трудное, часто сопряженное съ большимъ рискомъ. Успѣхъ буренія зависитъ отъ удачнаго сочетанія благопріятныхъ условій рельефа и геологическаго строенія. Для полученія артезіанской воды необходимо, чтобы существовалъ водопроницаемый пластъ, замкнутый сверху и снизу водоупорными породами; затѣмъ, чтобы былъ значительный напоръ, т. е. чтобы между высотой площади питанія и мѣстомъ колодца была большая разность уровней, наконецъ, чтобы разстояніе между этими пунктами не превышало нѣсколькихъ десятковъ и не больше 1—2 сотенъ верстъ. Последнее обстоятельство объясняется тѣмъ, что, по мѣрѣ удаленія отъ площади питанія, напоръ теряется, потому что на большомъ разстояніи наблюдается фильтрація воды даже въ водонепроницаемое ложе.

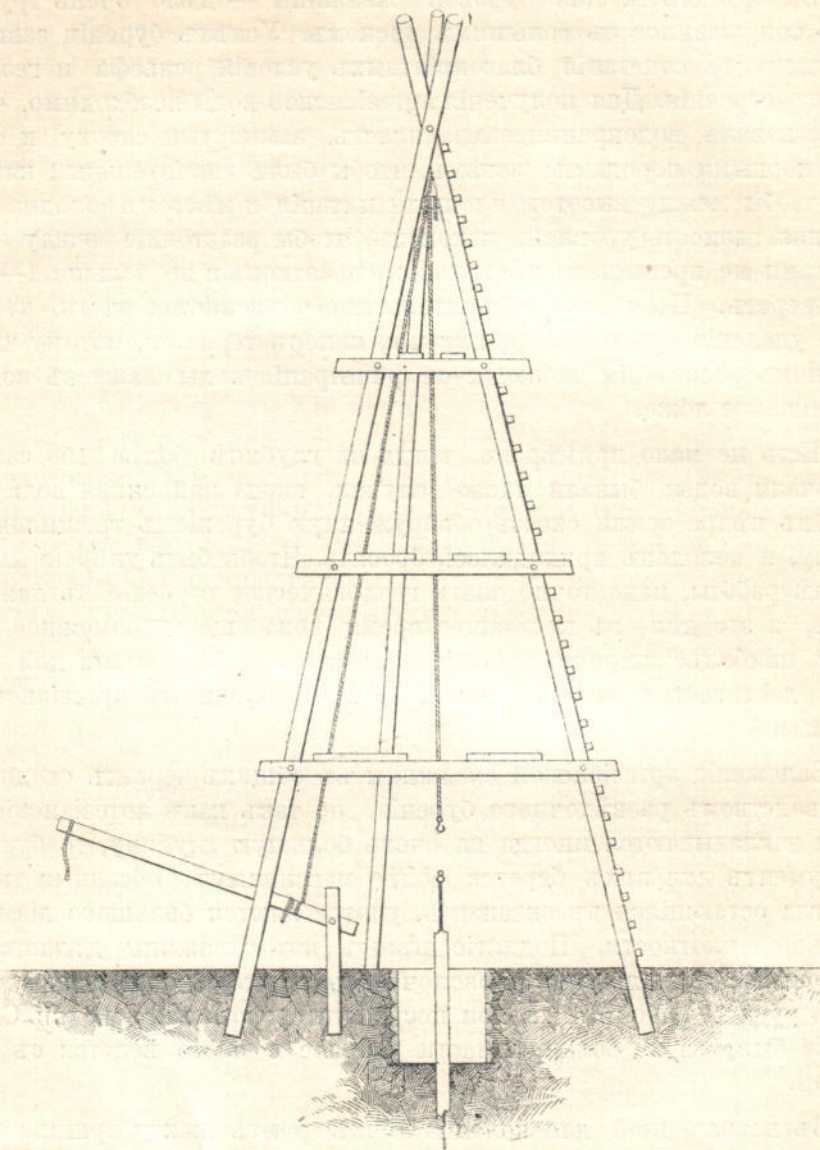
Есть не мало примѣровъ, когда на глубинѣ болѣе 100 саж. не встрѣчали воды; бывали также случаи, когда найденная вода уходила въ нѣдра земли сквозь обнаруженную буреніемъ трещиноватую породу, и колодець приходилось бросить. Чтобы быть увѣреннымъ въ успѣхѣ работы, надо точно знать геологическое строеніе въ данномъ мѣстѣ, а это дѣло въ настоящее время пока еще невозможное. Поэтому наиболѣе вѣрное рѣшеніе вопроса о выборѣ мѣста для скважины достигается нивелировкой по 2—3 сосѣднимъ артезіанскимъ колодцамъ.

Заложеніе артезіанской скважины въ общихъ чертахъ сходно съ производствомъ развѣдочнаго буренія, но такъ какъ артезіанскіе колодцы закладываются иногда на очень большую глубину, то буровой инструментъ для нихъ берется болѣе массивнымъ, обсадныя трубы, навсегда остающіяся въ скважинѣ, употребляются большаго діаметра и большей плотности. Поднятіе штангъ изъ скважины дѣлается не пеньковымъ, а стальнымъ проволочнымъ канатомъ или цѣпью и не просто руками рабочихъ, а при посредствѣ ворота или лебедки. Самое буреніе бываетъ по большей части ударное и часто ведется съ промывкой.

Въ назначенной для колодца точкѣ роютъ шахту аршина 3 въ діаметрѣ и аршина 3 глубиною. Надъ шахтой ставятъ вышку (коперъ) въ 3 ноги (фиг. 130), а если закладывается буреніе глубокое, рассчитанное на продолжительное время, то вышка дѣлается болѣе солидною и въ 4 ноги (фиг. 131). Для этого ставятся толстыя 6-ти вершковые бревна, длиною не короче 4 саж., и для устойчивости скрѣпляются, какъ діагональными, такъ и поперечными схватками; на послѣднихъ настилаются помосты съ прорѣзанными централью надъ скважиною отверстіями для прохода бурава и обсадныхъ трубъ. Ноги



обшиваются легкими досками; вверху копра укрѣпляется блокъ, а внизу помѣщается или воротъ, или лебедка.

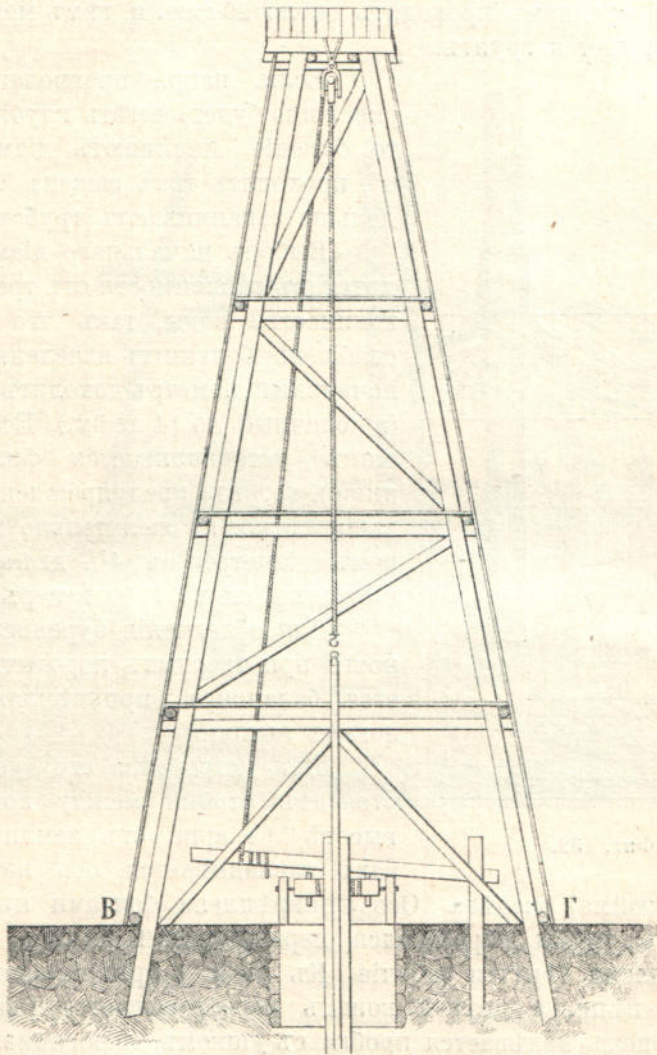


Фиг. 130.

Коперъ ставится центрально надъ шахтою, закрываемою помостомъ съ прорѣзомъ надъ скважиною. Обращается особенное вниманіе на вертикальность обсадныхъ трубъ и на тщательность закрѣпленія ими стѣнки скважины. Это обстоятельство очень важно потому, что иначе вода верхнихъ горизонтовъ можетъ проникнуть вдоль обсадныхъ трубъ внизъ, въ разрабатываемый водоносный слой, и, наоборотъ, при пло-



хомъ закрѣпленіи стѣнокъ артезіанская вода, находящаяся подъ напоромъ, можетъ промытъ себѣ путь вверхъ, снаружи обсадныхъ трубъ и этимъ можетъ вызвать обвалы земли и обрушеніе близстоящихъ зданій.

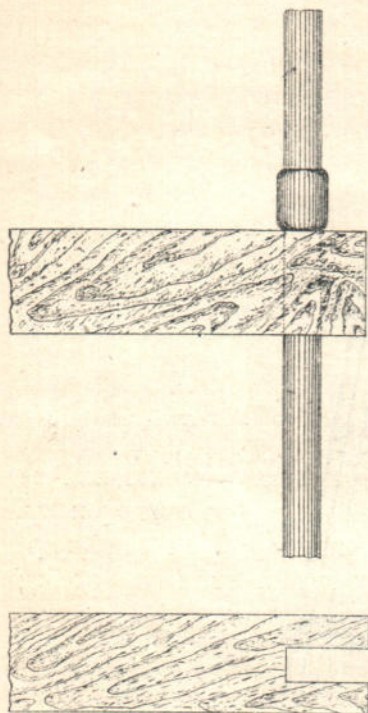


Фиг. 131.

Ударное буреніе начинается желонкою, при чемъ буровыя штанги берутся трубчатые плотныя, наружнымъ діаметромъ въ  $1\frac{1}{2}$  и болѣе дюйм. Что касается діаметра скважины, то онъ не одинаковъ по длинѣ и находится въ зависимости отъ глубины колодца. Сначала идутъ трубы большаго діаметра, затѣмъ онъ уменьшается съ такимъ расчетомъ, чтобы скважина заканчивалась трубою въ  $4\frac{1}{2}''$ . Въ рѣдкихъ случаяхъ, при очень большой глубинѣ конечный діаметръ вы-



бирается въ  $3\frac{1}{2}''$ ; обыкновенно же діаметръ трубъ (а слѣдовательно желонокъ и долотъ) начинается отъ  $10''$ , затѣмъ идетъ въ 8, 6 и, наконецъ, въ  $4\frac{1}{2}''$  (какъ исключеніе— $3\frac{1}{2}$ ). Начальный діаметръ берется въ зависимости отъ предполагаемой глубины скважины. Однимъ діаметромъ въ среднемъ проходятъ около 20 саж. и, тѣмъ меньше, чѣмъ сильнѣе осыпается грунтъ.



Фиг. 132.

Если, напр., предполагается, что скважина будетъ имѣть глубину 50 саж., то буреніе начинаютъ діаметромъ въ  $6''$ , проходятъ такъ сажень 20 — 25, а дальше заканчиваютъ трубою въ  $4\frac{1}{2}''$ .

Выборъ начального діаметра находится въ зависимости отъ требующагося количества воды, такъ что для водоснабженія большихъ населенныхъ мѣстъ начальный діаметръ доходитъ до 20 дюйм. (а конечный до 14 дюйм.). Если въ скважинѣ устанавливается фильтр (см. ниже), то, въ предупрежденіе изнашивания сѣтки, не желательно при конечномъ діаметрѣ въ  $4\frac{1}{2}$  дюйм. подавать въ часъ больше 1500 ведеръ.

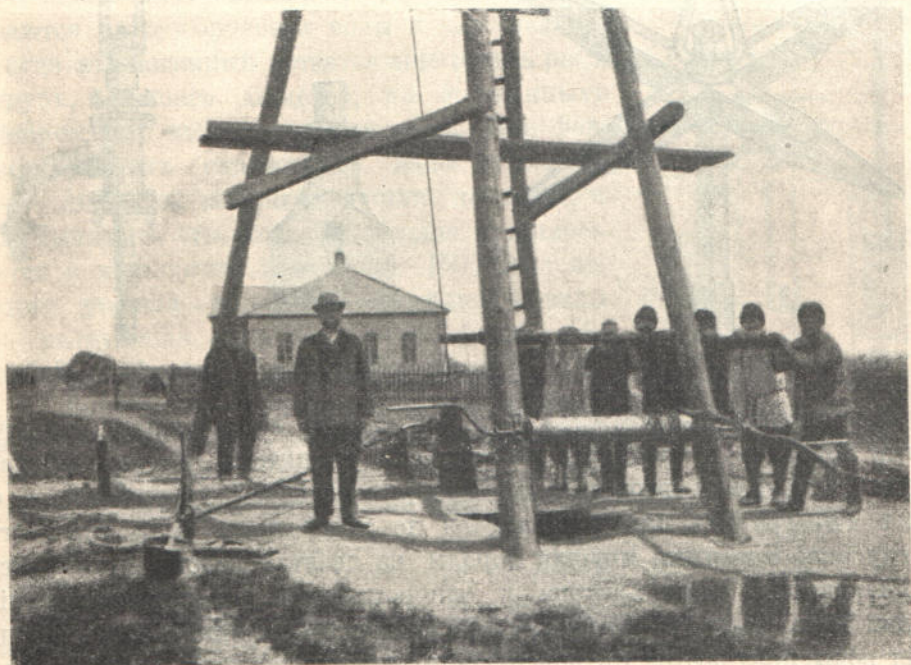
Для облегченія буренія въ особенности при твердыхъ породахъ примѣняется балансиръ, прикрѣпляющійся къ ногамъ вышки.

Для устройства его устанавливаются двѣ стойки между которыми на высотѣ  $1\frac{1}{2}$  арш. отъ земли во втулкахъ закладывается ось изъ толстаго (не менѣе дюйма) желѣза. Ось прикрѣплена болтами къ длинному бревну такъ, чтобы образовался неравноплечій рычагъ, за конецъ длиннаго плеча берутся рабочіе. Къ рычагу прикрѣпляется конецъ каната или цѣпи, а другой конецъ перебрасывается черезъ блокъ; на этотъ конецъ надѣвается пробка съ ушкомъ, наворачиваемымъ на штангу.

Балансиръ можетъ быть устроенъ и нѣсколько иначе—проще. Для этого берется пятивершковое бревно (ось), равное по длинѣ разстоянію между ногами копра; въ торцы оси забиваются шипы, которыми ось укладывается въ подшипники, укрѣпленные въ ногахъ копра. На середину вала (оси), перпендикулярно къ нему укрѣпляется дюймовымъ болтомъ длинное бревно, на короткомъ концѣ котораго дѣлается прорѣзъ такой величины, что черезъ него проходитъ толщина штанги, но не проходитъ муфта (фиг. 132). Конецъ балансира



устанавливается отвѣсно надъ устьемъ скважины. При опусканіи балансира книзу буравъ подхватывается за муфту и поднимается, при быстромъ же опусканіи балансира буравъ падаетъ и бьетъ по породѣ (фиг. 133). При всякомъ устройствѣ балансира послѣ каждого удара штанга поворачивается или хомутами, укрѣпленными на ней, или особымъ крестомъ (фиг. 134). При этомъ стараются буравъ поднимать возможно быстрѣе.

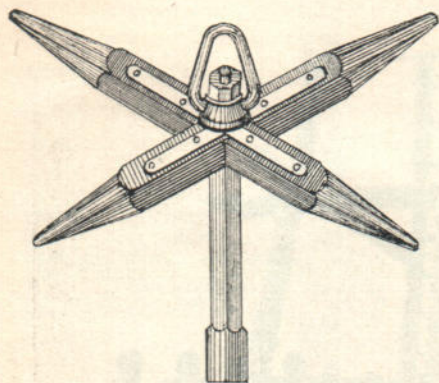


Фиг. 133.

Работа ускоряется съ примѣненіемъ промывки, но такое буреніе возможно только въ теплое время и когда не преслѣдуется цѣль имѣть хорошіе образцы проходимыхъ породъ. Въ этомъ случаѣ на нижній конецъ пустотѣлой штанги навинчивается полое внутри долото съ отверстіями (фиг. 135), а къ верхней (надземной) части штанги прикрѣпляется сальникъ (фиг. 136), резиновый рукавъ котораго соединяется съ нагнетательнымъ рукавомъ насоса, устанавливаемаго неподалеку въ сторонѣ. Работа ведется ударами, а въ это время насосомъ накачиваютъ воду внутрь штанги. Достигнувъ забоя (дна скважины), вода разжижаетъ грунтъ и, двигаясь въ пространствѣ между штангами и обсадными трубами, поднимается вмѣстѣ съ грунтомъ по трубамъ вверхъ и выливается наружу (для удобства выливанія полезно къ верху обсадныхъ трубъ прикрѣпить рукавъ). Чтобы конецъ бура не былъ засосанъ разжиженнымъ грунтомъ, надо, во-первыхъ, чтобы



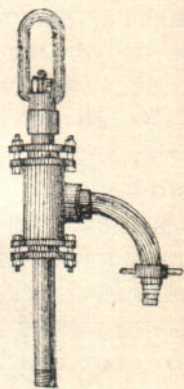
опусканіе трубъ шло одновременно съ опусканіемъ бура, во-вторыхъ — накачивать воду надо по возможности непрерывно и, въ третьихъ, во время роздыха штанги надо немного приподнимать на фарштулъ, чтобы инструментъ висѣлъ, но во все время буренія съ промывкой инструментъ изъ скважины не вынимается, кромѣ только случаевъ, когда нужно смѣнить долото.



Фиг. 134.



Фиг. 135.



Фиг. 136.

Заканчиваютъ скважину большей частью въ коренныхъ осадочныхъ породахъ и сравнительно рѣдко въ гранитахъ; именно: вблизи Петрограда, въ Херсонской и Екатеринославской губерніяхъ, т. е. тамъ, гдѣ гранитъ или поднимается до поверхности, или залегаетъ неглубоко. Коренныя морскія породы на десятки верстъ отличаются одинаковостью силы притока и однородностью условій нахождения воды. Такъ, напр., въ Тверской и Московской губерніяхъ очень обильныя воды получаются съ поверхности черныхъ юрскихъ глинъ, имѣющихъ опредѣленный уклонъ къ юго-востоку, а въ Курской, Орловской и части Тульской губ. коренными водоносными породами являются девонскіе известняки.

Пройдя водоносный слой и вѣзавшись скважиною въ подстилающій пласть, на днѣ скважины устанавливаютъ фильтръ, представляющій изъ себя обыкновенную дырчатую съ дномъ трубу, діаметромъ меньшимъ, чѣмъ конечный діаметръ обсадныхъ трубъ. Фильтръ обтянутъ мѣдной проволокой и поверхъ листами мѣдной сѣтки. На фильтръ навинчивается холостая труба такого же діаметра, проходящая всѣмъ своимъ протяженіемъ въ обсадныхъ трубахъ до верха. Когда фильтръ опущенъ, обсадныя трубы поднимаются на его длину и такимъ образомъ въ скважинѣ фильтръ остается обнаженнымъ, при этомъ прозоръ между фильтромъ и обсадною трубою забивается резиновымъ клапаномъ. Время отъ времени фильтръ извлекается изъ скважины для очистки и ремонта и тогда на это время обсадныя трубы должны быть опущены на длину фильтра. Въ мѣловыхъ и ка-



менистыхъ породахъ можно обойтись безъ фильтра, который однакоже необходимъ въ глинахъ, пескахъ, мергеляхъ.

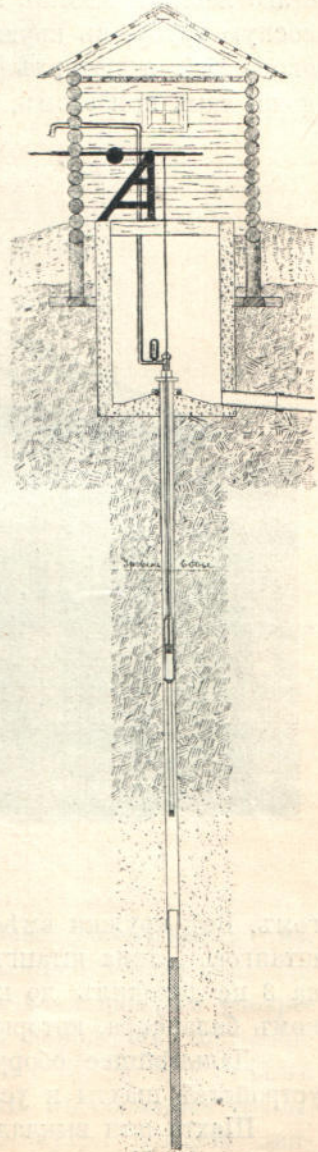
По окончаніи буренія и установки фильтра изъ скважины вынимаютъ всѣ рабочія трубы начальныхъ діаметровъ и остаются только трубы послѣдняго конечнаго ( $4\frac{1}{2}''$ ) діаметра, въ которыя опущенъ фильтръ.

Если буреніе шло малымъ діаметромъ, то трубы внутреннимъ труборѣзомъ урѣзываются ниже горизонта воды и вынимаются, тогда въ скважинѣ остается еще одинъ рядъ трубъ, большаго діаметра, но опущенныхъ непремѣнно ниже горизонта воды. При фонтанирующихъ скважинахъ надо оставлять тотъ діаметръ, которымъ дошли до воды, и не вынимать его, хотя бы дальше пришлось идти и меньшимъ діаметромъ. Несоблюденіе этого условія вызываетъ нерѣдко обвалы и разрушенія, такъ какъ вода обходитъ за стѣнками трубы и размываетъ породу.

Вообще же получающіеся при выниманіи трубъ пустоты и зазоры необходимо тщательно засыпать глиною съ пескомъ, а еще лучше затампонировать цементомъ.

Въ цѣляхъ опредѣленія дебита скважины, а главное съ цѣлью очистки ея, производится откачка. Это дѣло существенно необходимое, и безъ откачки работа не можетъ считаться законченною. Откачкою высасываются вокругъ фильтра мелкія частицы песка, а располагающійся вокругъ крупный песокъ является естественнымъ фильтромъ; такимъ образомъ, въ трещинахъ породы и въ мѣлу получается чистый, свободный, расширенный ходъ. Въ пескахъ откачка производится до 4 — 5 дней подъ рядъ, въ мѣлу—до 2—3 недѣль и вообще до тѣхъ поръ, пока въ заданное время не будетъ получаться заданное количество совершенно свѣтлой, чистой воды.

Для откачки употребляется насосъ простаго устройства, для чего послѣ окончанія буренія въ обсадныя трубы опускаютъ другія меньшаго діаметра ( $3\frac{1}{4}''$ ). У верхняго стыка нижней трубы укрѣпляютъ клапанъ, открывающійся вверхъ. Простѣйшій клапанъ состоитъ изъ



Фиг. 137.



двухъ желѣзныхъ колецъ, между которыми проложена кожа. Кольца сквозь кожу скрѣплены заклепками. На верхній конецъ этой всасывающей трубы укрѣпляютъ кольчатую отводную трубку, въ которой дѣлаютъ отверстіе, а сквозь него пропускаютъ рабочія штанги съ поршнемъ или Летестю съ манжетами, или устраиваемымъ слѣдующимъ образомъ: на конецъ штанги навинчивается кружокъ изъ толстаго желѣза, плотно, но вмѣстѣ съ тѣмъ свободно входящій въ насосную трубу, въ кружкѣ просверливаютъ 5—6 дырочекъ діаметромъ около  $\frac{1}{4}$ " , а поверхъ кладутъ три кружка радіально разрѣзанной кожи такъ при этомъ, чтобы разрѣзы не приходились одинъ на дру-



Фиг. 138.

гомъ. Всѣ кружки вмѣстѣ съ желѣзнымъ скрѣпляются центральною штангою. Длина штангъ должна быть такова, чтобы поршень фута на 3 не доходилъ до клапана. Верхъ штангъ подхватывается крючкомъ балансира, которымъ и производятъ качку.

Дальнѣйшее оборудованіе артезіанскаго колодца состоитъ въ устройствѣ шахты и установкѣ насоса.

Шахта или выкладывается кирпичемъ на цементахъ, или дѣлается изъ бетона. Чтобы удалять скопляющуюся на днѣ шахты воду, дѣлаются боковые отводы изъ гончарныхъ трубокъ (фиг. 137) куда-нибудь по склону или въ вырытую поблизости яму, засыпанную щебнемъ и пескомъ. Для предохраненія насоса отъ порчи и шахты отъ засоренія



надъ нею ставится будка (фиг. 138), сквозь стѣны которой пропускается конецъ разборной трубы и качательный механизмъ—маховикъ или рычагъ.

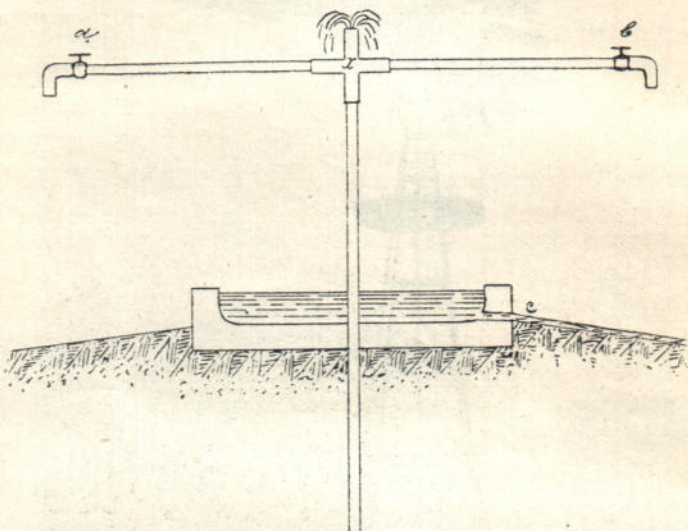


Фиг. 139.

Если горизонтъ воды въ скважинѣ устанавливается высоко, не глубже 3 саж., то въ шахтѣ ставится обыкновенный колодезный насосъ. Если же вода стоитъ ниже, то для подачи ея наверхъ употребляются специальные насосы для артезианскихъ колодцевъ, состоящие изъ мѣднаго рабочаго цилиндра, діаметромъ отъ  $4\frac{1}{2}''$  до  $2\frac{1}{2}''$  (чѣмъ вода ниже, тѣмъ діаметръ меньше) опущеннаго въ обсадныя трубы. Отъ цилиндра вверхъ идетъ подъемная труба, внутри которой движется поршневая тяга, а къ нижней части цилиндра прикрѣпляется присасывающая труба съ шаровымъ клапаномъ. Подъемная труба на днѣ шахты заканчивается переходною коробкою и воздушнымъ колпакомъ, отъ котораго вверхъ идетъ нагнетательная  $2''$  труба.



Кромѣ того, переходная коробка перекрывается крышкой, снабженною сальникомъ, назначеніе котораго—устранить пропускъ наружу воды между штангой и стѣнками трубы. Чтобы въ подъемной трубѣ не замерзала вода, около переходной коробки дѣлается маленькое отверстіе; на лѣто оно забивается. Движущій механизмъ при неглубокомъ (до 5 саж.) стояніи воды выполняется съ маховикомъ и зубчатой передачей, а при глубокихъ горизонтахъ примѣняются качалки, колѣнчатые валы съ рычагами и противовѣсами<sup>1)</sup>. Чѣмъ



Фиг. 140.

глубже погруженъ рабочій цилиндръ, тѣмъ тяжелѣ качать; до 20 саж. примѣняется ручная сила, при глубинѣ до 30 саж. является болѣе рациональнымъ примѣненіе конныхъ приводовъ, а при еще большей глубинѣ необходимо ставить механическіе двигатели, напр., нефтяные. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ можно ожидать постоянства вѣтровъ съ силою не менѣ 4 метровъ въ секунду, весьма подходящими являются вѣтряные двигатели (фиг. 139). Двигатель помѣщается на верху башни, состоящей изъ желѣзныхъ ногъ, расположенныхъ такъ, что середина башни центрально приходится надъ устьемъ скважины. Насосныя штанги соединяются съ штангами двигателя. При насосѣ въ  $4\frac{1}{2}$ " и при средней силѣ вѣтра двигатель можетъ подать до 900 вед. въ часъ.

Въ фонтанирующихъ скважинахъ насосовъ не ставятъ и вода свободно изливается въ пріемникъ. Во избѣжаніе напрасной потери воды самотекъ останавливается тѣмъ, что труба наращивается до предѣла напора, т. е. до той высоты, когда вода въ трубѣ остановится

<sup>1)</sup> См. стр.



и самоизливаніе прекратится. Чтобы избѣжать гидравлическихъ ударовъ при запираніи, надо краны ставить только вентильные, иначе у фильтра на днѣ скважины можетъ получиться песочная пробка, которая закупоритъ скважину. Разборъ воды дѣлается изъ крановъ *a* и *b* на наращенной трубѣ (фиг. 140), при чемъ самоизливающаяся вода должна постоянно слезиться изъ средняго рожка.

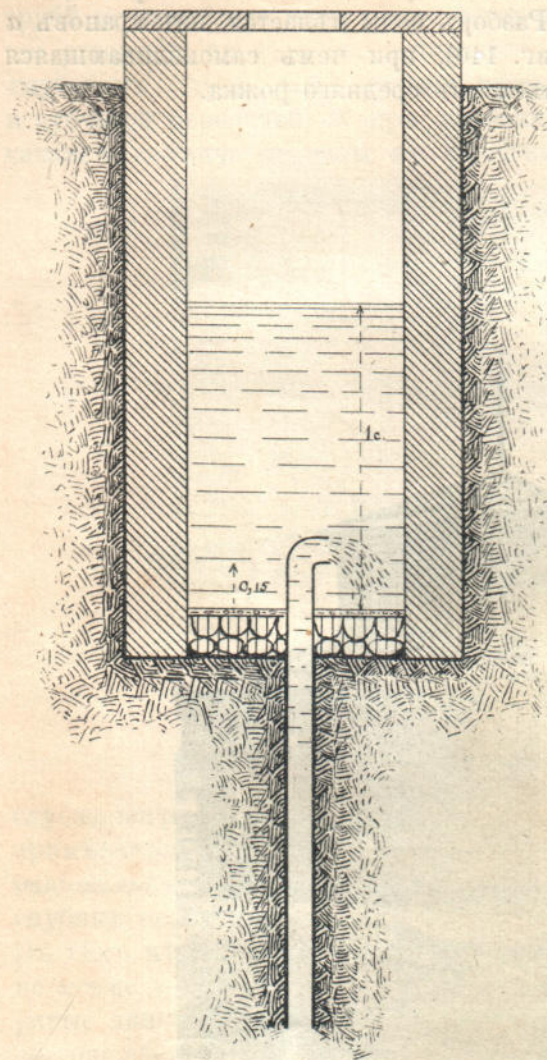


Фиг. 141.

Если скважина устраивается для водоснабженія съ водопроводомъ, а также и въ цѣляхъ противопожарныхъ, т. е., когда необходимо имѣть напорный бакъ, этотъ послѣдній устанавливается въ особомъ зданіи водокачки, надъ шахтой скважины. Зданіе обыкновенно служитъ и квартирой машиниста, поэтому вода въ бакъ не замерзаетъ (фиг. 141).



Кромѣ разсмотрѣнныхъ типовъ колодцевъ, иногда устраиваются еще такъ называемые смѣшанные, т. е. частью шахтные и частью трубчатые. Выполняются они слѣдующимъ образомъ. За-



Фиг. 142.

кладывается скважина и крѣпится трубами; затѣмъ на 1 саж. ниже горизонта воды, поднявшейся въ скважинѣ, опускается шахта и крѣпится бетономъ (1+3+6) или кирпичемъ. Труба въ шахтѣ срѣзывается выше дна на 0,15 саж. (фиг. 142), а дно задѣлывается камнемъ или кирпичемъ и заливается цементомъ. Такого рода устройства нельзя, конечно, дѣлать на большую глубину, такъ какъ шахтный колодезь уже на 30 саженьяхъ строится съ очень большими трудностями.

### 3. Водохранилища.

Атмосферныя воды, выпадающія въ формѣ дождей или образующіяся отъ таянія снѣга, огромными массами сбѣгаютъ по оврагамъ и долинамъ, зачастую причиняютъ тамъ не мало бѣдствій и теряются безъ пользы для человѣка, а между тѣмъ, эти же самыя воды,

задержанныя и собранныя въ водоемы, могутъ прекрасно послужить человѣку на пользу его хозяйственныхъ интересовъ.

Если поперекъ оврага поставить непроницаемую для воды стѣнку, то сбѣгающая по оврагу вода, встрѣчая преграду, остановится, станетъ подниматься до верха преграды, затѣмъ часть воды перелется черезъ преграду, а часть останется передъ нею, вровень съ ея гребнемъ, и образуетъ, такимъ образомъ, искусственное водохранилище или прудъ. Эти искусственные водоемы въ особенности въ степной



полосѣ Россіи зачастую обезпечиваютъ существованіе хозяйства: около прудовъ группируются поселенія, появляется древесная растительность; прудъ снабжаетъ водою крестьянское хозяйство, служитъ водопоемъ для скота, является резервуаромъ на случай пожаровъ, въ немъ разводятъ рыбу, около пруда держать плавающихъ птицъ, изъ него поливаютъ смежные огороды и нерѣдко пруды являются главными источниками искусственнаго орошенія.

То гидротехническое сооруженіе, которое ставится поперекъ оврага, долины или воднаго потока и которое поднимаетъ впереди себя воду, называется *плотиною* или запрудою.

Простѣйшимъ видомъ водохранилища является сажалка или копань. Обыкновенно копань представляетъ изъ себя яму четырехугольной формы съ пологими (до 1 : 5) откосами или же яму, частью вырытую, частью окруженную плотиною, насыпанною изъ водонепроницаемаго грунта. У одного изъ концовъ плотины дѣлается прорѣзь, на случай переполненія копани. Глубина копаней дѣлается не меньше 1 саж., и только при постоянномъ притоцѣ воды она можетъ быть уменьшена до 0,60 саж., емкость же воды должна быть не меньше 250 куб. саж. Къ копани вода можетъ быть подведена сборными канавами съ уклономъ не больше 0,001, при чемъ при входѣ въ копань дно канавы должно понижаться десятирнымъ откосомъ. Для копаней наиболѣе подходящими мѣстами являются тѣ, когда можно рассчитывать на поступленіе воды въ нихъ снизу (черезъ дно) и съ боковъ. Это наичаще встрѣчается въ долинахъ и поймахъ рѣкъ, гдѣ наносы небольшой толщины.

Само собою разумѣется, что устройство копаней (сажалокъ) требуетъ затратъ несравненно большихъ, нежели сооруженіе водохранилища съ плотиною, потому что стоимость одной кубической сажени воды въ копани соотвѣтствуетъ платѣ за рытье и отвозку такого же куба земли, тогда какъ въ водохранилищѣ за плотиною на каждую кубическую сажень насыпи приходится 10 и болѣе куб. сажень воды.

Матеріаломъ для постройки плотины является земля, дерево и камень. Обыкновенная крестьянская плотина, построенная изъ земли и хвороста, очень непрочна и недолговѣчна; прибавка навоза увеличиваетъ прочность, но сильно загрязняетъ воду; между тѣмъ тщательна сдѣланная, при правильномъ назначеніи размѣровъ земляная плотина весьма прочна, стоитъ дешевле другихъ и служить неопредѣленно долго, въ особенности если есть присмотръ и если малѣйшія поврежденія своевременно исправляются.

Лучшимъ грунтомъ для земляной плотины является суглинокъ. Песокъ не годится, потому что пропускаетъ воду; илъ, какъ и всякая другая земля, содержащая органическія вещества, — не подходящъ потому, что держится только при очень пологомъ откосѣ, а кромѣ того, органическія вещества, сгнивая, даютъ неравномѣрную осадку.



Что же касается глины, то она замерзая пучится, т. е. увеличивается въ объемѣ, а при оттаиваніи обращается въ грязь и расползается, при высыханіи же даетъ трещины, въ которыя проникаетъ вода, поэтому изъ одной глины плотину дѣлать тоже нельзя.

Всякая плотина подвержена какъ давленію на нее воды въ прудѣ, такъ и дѣйствию удара волнъ, а весною и напору льда. Затѣмъ плотина должна поднять воду и держать ее, не пропуская сквозь себя. Поэтому плотина должна быть устойчива и прочна во всѣхъ ея частяхъ.

При устройствѣ плотины главное вниманіе строителя должно быть направлено на то, чтобы, удовлетворяя условіямъ устойчивости и прочности, сооруженіе не потребовало большихъ расходовъ какъ на первоначальное устройство, такъ и на ремонтъ. Постройка плотины есть въ сущности работа простая, но плотина должна имѣть отверстіе для пропуска излишней воды. Вода силится это отверстіе расширить, поэтому надлежащее прочное устройство плотинъ, при ограниченности затратъ, принадлежитъ къ числу трудныхъ гидротехническихъ сооружений.

Такъ какъ давленіе воды на грудь плотины не по всей высотѣ ея одинаково: внизу оно наибольшее, а по мѣрѣ поднятія постепенно уменьшается, то плотина для устойчивости должна имѣть въ поперечномъ ея сѣченіи треугольную форму, которая необходима еще и потому, что насыпная земля обсыпается и принимаетъ наклонное положеніе въ откосѣ.

Стороны треугольнаго профиля плотины, или *откосы*, дѣлаются не одинаковыми: водный или внутренний — обращенный къ водѣ, по большей части тройной, а наружный или сухой, обращенный въ сторону противоположную, дѣлается полуторнымъ или двойнымъ.

Гребень однакоже никогда не оставляется острымъ, такъ какъ при такой формѣ онъ скоро размывается дождемъ и обрушается. Обыкновенно ширина гребня не дѣлается уже 1 саж., а если черезъ плотину проходить дорога, то гребень расширяется до 2½ саж.

Въ предупрежденіе переката черезъ плотину волнъ гребень ея долженъ возвышаться надъ уровнемъ воды не менѣе, какъ на 0,50 с., при этомъ линія гребня по оси, т. е. по всей длинѣ плотины, должна быть непремѣнно горизонтальною.

Пруды, наполняющіеся исключительно снѣговыми водами, должны имѣть лѣтомъ у середины глубину не меньше 1½ саж., такъ какъ при меньшей глубинѣ водохранилища, въ особенности открытыя, не защищенныя растительностью, скоро высыхаютъ или затягиваются иломъ и, кромѣ того, такая глубина нужна еще и потому, чтобы послѣ лѣтняго испаренія и зимняго промерзанія подо льдомъ было воды около 1 саж., иначе вода будетъ портиться и протухнетъ.



Если въ балкѣ имѣется постоянный притокъ, то столбъ воды можетъ быть пониженъ до 1 саж. Обыкновенно плотины выше 3 саж. не дѣлаются, такъ какъ иначе онѣ плохо выстаиваютъ и лучшая практическая ихъ высота 2 саж.

Что касается до направленія плотины, то самое выгодное, какъ кратчайшее, есть прямое. Дугообразная форма, обращенная выпуклостью вверхъ по теченію, не имѣетъ значенія при плотинахъ земляныхъ, такъ какъ рыхлость земли не представляетъ собою цѣльнаго сопротивленія во всей ея массѣ и плотина не можетъ работать, какъ сводъ.

Кромѣ устойчивости плотины необходимо также, чтобы она прочно и тщательно была соединена съ своимъ основаніемъ, т. е. съ грунтомъ, и чтобы грунтъ этотъ не пропускалъ воду подъ плотиною; дно и бока водохранилища также должны быть водонепроницаемы.

Прежде постройки плотины необходимо произвести подробное изслѣдованіе (изысканія) мѣстности.

Площадь предполагаемаго водохранилища, т. е. дно его и бока должны быть проnivelлированы; эта нивелировка производится какъ выше, такъ и ниже мѣста будущей плотины. Такимъ образомъ опредѣляется уклонъ дна и весь характеръ лога. На поперечныхъ профиляхъ обозначается живое сѣченіе по наивысшимъ горизонтамъ весеннихъ и ливневыхъ водъ. Опредѣленіе этихъ горизонтовъ надо дѣлать по указаніямъ мѣстныхъ жителей и по остаткамъ слѣдовъ высокой воды на бокахъ лога.

Водосборная площадь водохранилища опредѣляется или по трехверстной картѣ Военно-Топографическаго Отдѣла Генеральнаго Штаба или съемкою.

Наконецъ, по дну и по бокамъ водохранилища должно быть проведено буреніе для выясненія характера грунта. Чѣмъ больше скважинъ будетъ заложено, тѣмъ конечно лучше, но ихъ должно быть не менѣе трехъ: одна посрединѣ и двѣ по концамъ водохранилища. На линіи проектируемой плотины должно быть не менѣе трехъ развѣдокъ грунта: одна на днѣ, а двѣ на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ придутся плечи плотины.

Задаваясь выборомъ мѣста подъ плотину, необходимо руководствоваться еще слѣдующими соображеніями:

1) Уклонъ водохранилища долженъ быть не больше 0,02. Чѣмъ уклонъ меньше, тѣмъ давленіе воды на грудь плотины будетъ слабѣе, длина же пруда увеличивается по мѣрѣ уменьшенія уклона.

2) Плотину надо ставить тамъ, гдѣ долина суживается и берега ея сближены. Плотина здѣсь будетъ короче и, слѣдовательно, дешевле. Очень желательнымъ является такое мѣсто, гдѣ передъ плоти-



тиною въ водохранилище впадаютъ боковые отвершки, покрытые по дну и по бокамъ травянистою растительностью; такіе отвершки увеличиваютъ количество воды въ прудѣ. Наоборотъ, если боковые отвершки имѣютъ крутые, обрывистые и обнаженные берега, ихъ надо всячески избѣгать или перепруживать, такъ какъ они наносятъ въ водохранилище мулъ.

3) Если въ верховьи пруда имѣются выходы ключей, то ихъ надо использовать и плотину слѣдуетъ ставить такъ, чтобы вода не доходила до ключей, иначе они, подъ давленіемъ воды сверху могутъ скрыться и выклиниться гдѣ-нибудь далеко за водохранилищемъ.

4) Берега пруда не должны быть круты, чтобы было удобно подъѣзжать къ водѣ съ бочками и подводить скотъ для водопоя. По берегамъ хорошо имѣть деревья, а если берега распахиваются, слѣдуетъ канавами отвести воду въ сторону для уменьшенія засоренія пруда иломъ, при чемъ канавѣ надо дать уклонъ въ 0,001.

5) Вблизи будущей плотины необходимо подыскать мѣсто (резервъ) съ запасомъ подходящей для насыпи земли и

6) Одно изъ самыхъ важныхъ условий при выборѣ мѣста — это свойство грунта.

Лучшимъ грунтомъ для водохранилища является чистая глина, если она прикрыта не толстымъ слоемъ чернозема.

Чрезвычайно важно не снимать съ водохранилища верхняго наноснаго слоя, такіе пруды даже при сомнительныхъ грунтахъ начинаютъ держать воду черезъ 2—3 года. Какъ бы ни былъ сомнителенъ грунтъ, если только грунтовые воды залегаютъ близко не ниже 1 саж., плотину можно строить, не опасаясь.

При неизвѣстности свойствъ грунта опредѣляется его водоупорность, для чего роются ямы, въ которыя наливается вода, и затѣмъ наблюдаютъ, какъ долго она будетъ впитываться.

Опредѣленіе количества или объема воды, ожидаемой въ проектируемомъ прудѣ дѣлается обыкновенно по формулѣ Кестлина на ливневые воды

$$Q = 1,875 P L$$

взявъ отъ  $Q$  —  $\frac{2}{3}$  найденной величины.

Въ этой формулѣ  $Q$  — секундный расходъ,  $P$  — площадь водосбора въ квадратныхъ верстахъ и  $L$  — коэффициентъ отъ длины (см. введеніе стр. 38). Формула эта даетъ результаты съ сильно преувеличенною, пропускною способностью отверстій, почему въ послѣднее время расчеты начаты не на ливневые, а на талые воды; по формулѣ инженера Тарловскаго

$$Q = 0,16 (1 - 0,06 \sqrt{F}) F,$$

гдѣ  $F$  — площадь водосбора.



Этотъ приблизительно опредѣленный объемъ воды прикидывается къ профилямъ водохранилища, наносится на его планъ и такимъ образомъ выясняется площадь пруда, поверхность водной скатерти и глубина, иначе — высота проектируемой плотины.

Крестьянскіе пруды для населенныхъ мѣстъ должны быть устраиваемы съ такимъ расчетомъ, чтобы на каждого жителя приходилось въ годъ не менѣе 1 куб. саж. воды въ прудѣ, а на каждую голову скота по  $2\frac{1}{2}$  куб. саж.

Если окажется, что бассейнъ не можетъ дать нужнаго количества воды, и если перенести плотину ниже тоже нельзя, то изъ близлежащихъ (если таковыя имѣются) котловинъ, поросшихъ лѣсомъ или кустарникомъ, проводятъ къ водохранилищу возможно короткія и неглубокія водосборныя каналы съ уклономъ не больше 0,0005.

Составивъ проектъ плотины, слѣдуетъ подсчитать ея объемъ, т. е. количество земляной работы.

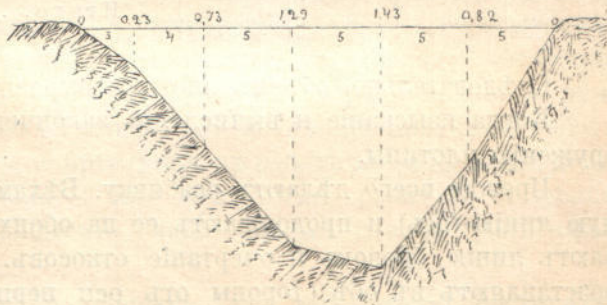
Съ этою цѣлью линія плотины назначается на мѣстѣ и нивелируется черезъ 5 саж., затѣмъ площади поперечныхъ сѣченій каждого пикета опредѣляются по формулѣ

$$p = \left( \frac{a + a + m + n}{2} \right) h,$$

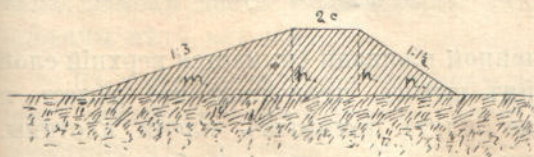
гдѣ  $a$  — ширина гребня,  $m$  — заложеніе воднаго откоса,  $n$  — заложеніе сухого откоса и  $h$  — высота. Предположимъ, что проектируемая плотина имѣетъ длину 27 саж., что ось ея разбита на пикеты

въ разстояніяхъ 3 саж., 4 саж., 5 саж., 5 саж., 5 саж. и 5 саж., пусть проектная высота плотины (красная отмѣтка) по нивелировкѣ

опредѣляется слѣдующими величинами: на 1-мъ пикетѣ = 0; на 2-мъ = 0,23; на 3-мъ = 0,73; на 4-мъ = 1,29; на 5-мъ = 1,43; на 6-мъ = 0,82 и на 7-мъ = 0. На основаніи этихъ данныхъ строимъ профиль (фиг. 143).



Фиг. 143.



Фиг. 144.

Пусть ширина гребня проектирована въ 2 саж., внутренний водный откосъ тройной, а наружный — полуторный; тогда и заложеніе  $m$  будетъ =  $3h$ , а заложеніе  $n = 1\frac{1}{2}h$  (фиг. 144), и формула поперечныхъ сѣченій приметъ видъ:



$$\left( \frac{a + a + m + n}{2} \right) h = \left( \frac{2 + 2 + 3h + 1\frac{1}{2}h}{2} \right) h$$

По всѣмъ этимъ даннымъ составляется журналъ такой формы:

№№ пикетовъ.	Разстоя- ніе между пикета- ми.	Красныя отмѣтки.	Площади попереч- ныхъ профи- лей.	Сумма площа- дей.	Половин- ныя раз- стоянія между пикета- ми.	Объемы куб. саж.	Примѣчанія.
1	3	0	0,	8,58	1,5	0,87	
2	4	0,23	0,58	3,24	2,0	6,48	
3	5	0,73	2,66	8,99	2,5	22,48	
4	5	1,29	5,60	13,80	2,5	34,50	
5	5	1,43	7,47	10,62	2,5	26,55	
6	5	0,82	3,15	3,15	2,5	7,88	
7		0	0				
Итого. . .						98,76	

Слѣдовательно, объемъ плотины выразится въ 99 куб. саж.

Когда изысканіе и вычисленіе закончены, приступаютъ къ сооруженію плотины.

Прежде всего дѣлаютъ разбивку. Вѣхами обозначаютъ продольную линію (ось) и продолжаютъ ее на обоихъ берегахъ. Далѣе отбиваютъ линію бровокъ и очертаніе откосовъ. Для этого на пикетахъ возставляютъ въ обѣ стороны отъ оси перпендикуляры и откладываютъ на нихъ половину ширины гребня плюсъ величину заложенія—въ одну сторону верхового откоса, въ другую—низового (въ вышеприведенномъ примѣрѣ откладываемъ вверхъ 1 саж. + 3*h*, а внизъ 1 саж. + 1½*h*). Въ точкахъ отложеній перпендикуляровъ забиваютъ колышки, по которымъ натягиваютъ шнуръ и лопатой отмѣчаютъ основаніе плотины. *III*

Съ поверхности этой очерченной площади снимается верхній слой земли по крайней мѣрѣ на одинъ штыкъ, продолжая это дѣлать и въ берегахъ до того мѣста, куда будутъ примыкать плечи плотины. Всякіе кустарники, вѣтки, камни, пни, кочки должны быть удалены, чтобы вода какъ-нибудь не проникла подъ плотину.

Такъ какъ дернъ понадобится на укрѣпленіе откосовъ, то онъ складывается особо на низовой сторонѣ, при чемъ дернины надо складывать—трава къ травѣ, земля—къ землѣ; дернъ такъ меньше высыхаетъ. Поверхностный слой земли удаляется, какъ для лучшаго скрѣпленія насыпи плотины съ грунтомъ, такъ и потому, что въ



этомъ слоѣ содержатся корни растеній, трещины, норы сусликовъ и мышей, которые роютъ въ немъ ходы.

Затѣмъ по оси плотины роется котлованъ съ отвѣсными стѣнками шириною въ 1—1½ саж. и глубиною непремѣнно ниже линіи промерзанія—до плотнаго глинистаго материка и углубляясь въ него до 0,20 саж. Котлованъ продолжается въ берега съ такимъ расчетомъ, чтобы онъ былъ на 0,20—0,30 саж. выше уровня воды при полномъ наборѣ пруда. Иногда на довольно значительной глубинѣ находятся покинутые ходы разныхъ землероекъ (сусликовъ, хомяковъ), наполненные черноземомъ. Надо котлованъ опускать ниже этихъ ходовъ.

Земля, получаемая при рытьѣ котлована, частью складывается валомъ съ верховой стороны плотины, чтобы предохранить выемку отъ затопленія въ случаѣ паводковъ (впослѣдствіи эта земля идетъ на откосы плотины), а частью выбрасывается подъ наружный откосъ и тамъ равномернo разравнивается.

Когда котлованъ вырытъ, дно его взрыхляется на одинъ штыкъ и забивается чистою глиною. Послѣдняя подвозится конными тачками, которыя служатъ также и для уплотненія насыпи; нужно только организовать работу такъ, чтобы груженные тачки проѣзжали возможно большія разстоянія по насыпи въ разный слѣдъ. Земля, сбрасываемая съ тачекъ, должна тотчасъ же разравниваться, а у стѣнокъ котлована и въ мѣстахъ соединенія съ берегами глина утрамбовывается ручными трамбовками. Въ сухую погоду по окончаніи дневныхъ работъ насыпь слѣдуетъ смочить, а приступая къ работѣ на слѣдующій день, надо глину всковырять лопатой или желѣзными граблями, съ цѣлью лучшаго скрѣпленія съ насыпью. Такой забитый глиною ровъ называется *замкомъ*.

Замокъ устраивается, во-первыхъ, для того, чтобы достигнуть возможно полнаго сращенія тѣла плотины съ материкомъ, во-вторыхъ, чтобы предотвратить просачиваніе воды у основанія плотины, въ третьихъ—чтобы пересѣчь всякія трещины и пустоты отъ сгнившихъ корней, а также норы и ходы различныхъ землероекъ и, наконецъ, замокъ даетъ возможность убѣдиться, что подъ основаніемъ плотины нѣтъ ключей.

Въ томъ случаѣ, когда между дномъ водохранилища и материкомъ залегаетъ слабый грунтъ, если плотина строится на мѣстѣ замусоренномъ, забитомъ навозомъ, или нѣкогда бывшемъ подъ дурно построенною хворостяною плотиною, словомъ, если при рытьѣ котлована стѣнки не держатъ, сползаютъ и обрушаются, если еще при этомъ сквозь стѣнки фильтруетъ вода, то котлованъ роютъ съ небольшими откосами, а стѣнки крѣпятъ. Для этого толстыя доски или пластины располагаютъ вдоль стѣны и черезъ всю ширину котлована распираютъ ихъ бревнами (фиг. 145); воду же удаляютъ вы-



черпываніемъ или примѣняя насосы (системы Летестю или мембранный).

Крыленіе стѣнокъ котлована, въ видахъ осторожности, слѣдуетъ примѣнять всегда въ тѣхъ случаяхъ, когда глубина его больше  $1\frac{1}{2}$  саж.



Фиг. 145.

Если въ котлованѣ окажется плавунъ, забивка замка производится частями. Для этого поперекъ выемки ставятъ временныя шпунтовые стѣнки въ разстояніи 1 саж. одна отъ другой, разбивая такимъ образомъ всю выемку на отдѣльные колодцы. Изъ колодца вычерпывается грязь до материка и тотчасъ же набивается глиною и утрамбовывается. Покончивъ съ однимъ колодцемъ, снимаютъ стѣнку, вынимаютъ

землю и набиваютъ глину въ другомъ; такъ постепенно одинъ за другимъ забиваются всѣ колодцы.

Если на днѣ котлована выбивается ключъ, который надо заглушить, то это дѣлается такъ: расчищаютъ вокругъ ключа ямку (ключъ же временно забиваютъ деревянною пробкой), затѣмъ берется смѣсь: 1 часть цемента и 1 часть песку и эта смѣсь сухою сыплется въ ямку и забивается палкою въ отверстіе, потомъ этою смѣсью наполняется вся ямка и плотно утрамбовывается.

Когда замокъ выведенъ до поверхности земли, приступаютъ къ устройству тѣла плотины. Необходимо замѣтить при этомъ, что если въ плотинѣ предполагено устроить отверстіе для пропуска воды (водоспускъ), то сначала дѣлается это сооруженіе, а потомъ уже ведутъ насыпку плотины.

Тѣло плотины возводится тонкими, не болѣе 0,10 саж., горизонтальными слоями, начиная съ самыхъ пониженныхъ мѣстъ. Внутри плотины, посрединѣ ея, насыпается изъ чистой глины и плотно утрамбовывается *ядро*. Ширина его у основанія, т. е. при выходѣ изъ котлована дѣлается шире замка; кверху ядро суживается до 0,50 с. такъ какъ глинистая стѣнка въ 0,50 с. считается вполнѣ водонепроницаемою. Ядро насыпается по оси всей плотины и на 0,20 с. выше ординара въ прудѣ.

Насыпка ядра ведется сразу по всей площади основанія, поднимаясь кверху, при чемъ, по мѣрѣ приближенія къ поверхностямъ откосовъ, глина перемѣшивается съ болѣе легкою землею такъ, чтобы переходъ отъ одного сорта земли къ другому дѣлался постепенно, безъ рѣзкаго разграниченія. Наконецъ, насыпь заканчивается на откосахъ и по гребню растительной землею, толщиною не меньше, какъ въ 0,20 с.

Каждый слой надо хорошо разравнивать и уплотнять гужевою



возкою во всю длину плотины, направляя фзду въ разный слѣдъ. По мѣрѣ возвышенія насыпи ширина ея постепенно суживается, образуя профили откосовъ.

Эти профили провѣряются лекалами, а затѣмъ откосы планируются и выравниваются опытными землекопами.

Земля для насыпи берется прежде всего изъ котлована замка, а затѣмъ изъ резерва. Если въ плотинѣ устраивается водоспускъ, то противъ него въ днѣ водохранилища слѣдуетъ прорыть каналъ, шириною равный ширинѣ отверстия, а глубиною—до уровня понурнаго пола (см. ниже). Такой каналъ способствуетъ спокойному и правильному теченію въ водоспускѣ, а земля изъ канала помѣщается въ насыпь. Если для насыпи вообще берется земля изъ дна водохранилища, то между краемъ внутренняго откоса и между этою емкою оставляется берма не менѣе 5 саж., чтобы выемка не повліяла на устойчивость плотины.



Фиг. 146.

Въ тѣлѣ насыпи не должно быть ничего, что нарушало бы ея однородность, напр., деревья, соломы, дерна, которые сгнивая образуютъ ходы для воды; такія же вредныя пустоты образуются около камней и твердыхъ неразбитыхъ глыбъ земли. Изъ растительнаго слоя, которымъ покрываются откосы, также должны быть удалены всѣ попадающіеся тамъ корни, вѣтки, камни, кочки и проч.

Земляныя работы по устройству насыпей во время морозовъ не допускаются.

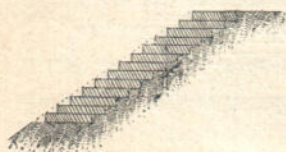
Плотина возводится на  $\frac{1}{10}$  выше проектныхъ размѣровъ для неизбѣжной осадки. Гребень посрединѣ возвышается сотки на 3 надъ бровками въ предупрежденіе застаиванія воды. Такимъ образомъ послѣ окончанія земляныхъ работъ плотина въ водохранилищѣ имѣетъ въ поперечномъ разрѣзѣ видъ, изображенный на фиг. 146.

Чтобы охранить откосы отъ размыванія и обрушенія, вслѣдствіе ударовъ волнъ на верховой откосъ и дѣйствія дождевыхъ водъ—на низовой, откосы должны быть укрѣплены. Въ этомъ случаѣ должны быть предпочтительны наиболѣе простыя и дешевыя средства. Верховой откосъ, находясь постоянно подъ водою, лучше сохраняется безъ всякихъ укрѣпленій и только въ полосѣ дѣйствія волнъ подвергается разрушенію, поэтому верховой откосъ долженъ быть укрѣпленъ на 0,50 с. выше и настолько же ниже ординара.

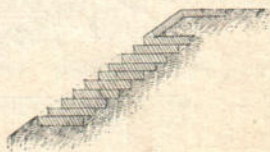


Къ укрѣпленію откосовъ приступаютъ послѣ того, какъ насыпь достаточно осядетъ, т. е. обыкновенно не раньше, какъ черезъ 6 мѣсяцевъ или даже черезъ годъ послѣ ея окончанія. Укрѣпленіе дѣлается дерновкой, плетнями, фашинами и хворостомъ, камнемъ и, наконецъ, посѣвомъ травъ. Послѣдняя работа производится весною, употребляя для этого тимopheевку, люцерну, клеверъ и т. п. Хорошо сѣять травы въ квадратныхъ клѣткахъ по 0,50 с. въ сторонѣ изъ дерновыхъ полосъ.

Прежде, чѣмъ приступить къ дерновкѣ, откосъ долженъ быть выправленъ и спланированъ. Дерновка дѣлается двояко: плашмя (въ обшивку) и въ кладку (въ стѣнку). При дерновкѣ плашмя дернины плотно кладутся одна возлѣ другой съ соблюденіемъ перевязки въ швахъ и прибиваются діагонально спицами по двѣ штуки на дернину. По большей части дерновка плашмя, а также и посѣвъ травъ применяется при укрѣпленіи низового откоса; верховой же откосъ укрѣпляется дерновкой въ кладку (въ стѣнку).



Фиг. 147.



Фиг. 148.

Эта работа ведется слѣдующимъ образомъ: на 0,50 с. ниже предполагаемаго ординара роется по всей длинѣ откоса горизонтальная канавка, глу-

биною равная толщинѣ дернины, въ эту канавку кладутъ дернины, упирая ихъ въ стѣнку канавки и въ то же время выкладывая ихъ заподлицо съ линіею откоса, тогда нижній рядъ дернинъ будетъ лежать на насыпи вполне прочно. Второй рядъ кладется на первый по линіи откоса такъ, чтобы верхняя дернина перекрывала нижнюю (фиг. 147), третій рядъ перекрываетъ второй и т. д. Къ дернинамъ подсыпается земля и плотно притрамбовывается. Горизонтальность рядовъ провѣряется уровнемъ. Каждую дернину подравниваютъ широкимъ длиннымъ ножомъ и послѣ укладки прихлопываютъ широкою доскою съ рукояткою (валькомъ). Стыки въ рядахъ должны идти въ перевязку, а по протяженію откоса линіи дернинъ должны быть точно параллельными. Такъ ведется кладка до бровки насыпи.

Дерновые работы производятся или весною, или не раньше конца августа, такъ какъ въ жаркое время дернъ быстро высыхаетъ и требуетъ обильной поливки.

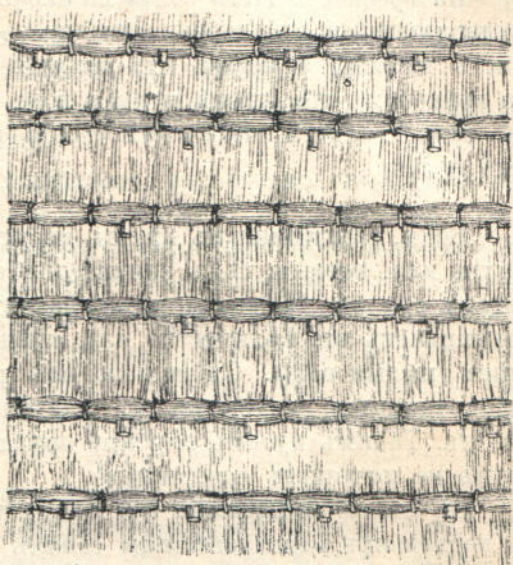
При укрѣпленіи откоса посадками употребляются свѣжесрубленные черенки вербы, лозы и др. кустарниковыхъ породъ толщиной въ вершокъ и длиною въ 1 арш. (въ землю 10 вершковъ и сверху 6). Располагаютъ ихъ по откосу параллельными рядами въ разстояніи 0,50 с. рядъ отъ ряда и на 8 вершковъ черенокъ отъ черенка, при чемъ посадка черенковъ дѣлается въ дыры, пробитыя коломъ.



При укрѣпленіи плетнями и фашинами хворостъ и колья слѣдуетъ употреблять свѣжіе, живые, которые бы принимаясь давали корни и ростки. Способовъ укрѣпленія весьма много, назовемъ нѣкоторые изъ простѣйшихъ:

1) По откосу наклонно ставятся плетни съ затрамбованными за ними глиняными площадками (фиг. 148).

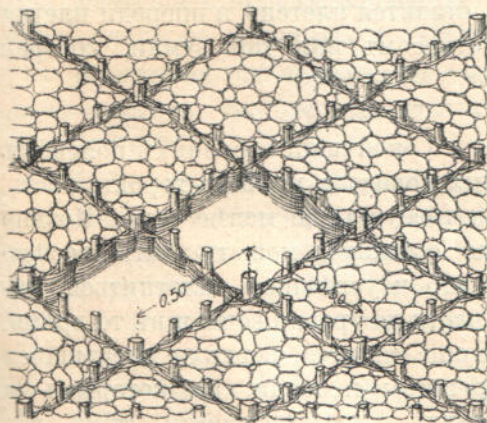
2) Откосъ покрывается хворостяною выстилкою, толщиною вершковъ 6—8, удерживаемой на мѣстѣ прутяными канатами, размѣщаемыми черезъ 0,50 с. другъ отъ друга и прикрѣпленными къ землѣ кольями (фиг. 149).



Фиг. 149.

Укрѣпленіе камнемъ производится или сплошнымъ мощеніемъ, или въ плетневыхъ корзинахъ. По первому способу камень ставится тычкомъ горизонтальными рядами; промежутки между

камнями плотно зацементированы и пробиваются живыми кольями. Хорошо кладку вести на мху или на солоmistомъ навозѣ. Особенно сильнымъ видомъ укрѣпленія является каменное въ плетняхъ. Для этого откосъ разбивается на клѣтки по 0,50 с. въ сторонѣ и по линіи этихъ клѣтокъ забиваются перпендикулярно къ откосу колья до 0,30 с. въ глубину и вершка на 3 сверху. Колья эти заплетаются; въ пространствѣ между плетнями земля вынимается и замещается



Фиг. 150.

камнемъ, тычками на мху или на солоmistомъ навозѣ. Камни должны быть величиною не менѣе 5—6 вершковъ (фиг. 150).

Очень полезно при всякаго рода укрѣпленіяхъ поставить на днѣ пруда у подошвы верхового откоса вдоль всей плотины крѣпкій плетень. Такой же плетень съ плотною забивкою за нимъ земли полезно



поставить и вдоль наружнаго низового откоса на тотъ случай, чтобы разливающаяся по тальвегу вода не произвела подмыва плотины.

На гребнѣ, а тѣмъ болѣе на низовомъ откосѣ не слѣдуетъ сажать кустарниковъ и въ особенности деревьевъ; они затемняютъ и увлажняютъ насыпь, а корни ихъ тянутся къ водѣ и буравятъ плотину. На верховомъ же откосѣ мелкая лоза, не идущая въ стволъ, полезна; она предохраняетъ откосъ отъ тренія по немъ льда и дѣйствія на него волнъ.

Воды, сбѣгающія въ пруды, несутъ обыкновенно огромное количество ила, которое тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше оголены и распаханы склоны. Вода, остановленная въ своемъ движеніи плотиною, удерживаетъ все количество ила, сцѣживая и пропуская черезъ водосливъ чистыя воды. Съ годами илъ распределяется по всему дну водохранилища, спускаясь къ плотинѣ тѣмъ скорѣе, чѣмъ круче уклонъ. Такимъ путемъ глубина пруда постепенно уменьшается, пока прудъ не исчезнетъ совершенно.

Съ цѣлью задержанія ила слѣдуетъ по бокамъ и въ особенности въ верховьяхъ водохранилища сажать ветлы, ольху, березу, осину и кустарники. Эти посадки къ тому же способствуютъ задержанію снѣга и вообще влаги, содѣйствуя болѣе равномерному питанію пруда. *Посл.*

*IV* Для задержанія ила устраиваютъ также въ верховьяхъ пруда каналы поперекъ водохранилища на разстояніи одна отъ другой саженой въ 30—50. Ширину канавамъ даютъ 0,50 с., а глубину въ 0,20 с. У отвѣсной стѣнки канавы ставится плетень, а впереди плетня дѣлается отсыпь съ полукторнымъ откосомъ изъ той земли, которая вынута изъ канавы.

Строить плотины лучше всего по окончаніи весеннихъ полевыхъ работъ; такая плотина до наступленія морозовъ успѣетъ хорошо сѣсть, хотя полная осадка свѣжей насыпи требуетъ не менѣе года. Поздно законченная плотина, недостаточно осѣвшая, можетъ быть весной прорвана. Происходитъ это оттого, что неуспѣвшая сплотниться насыпь промерзаетъ въ верхней своей части до уровня воды и въ то время, какъ нижняя талая часть плотины еще садится, верхняя смерзшаяся отрывается отъ нижней, образуя трещины и щели, по которымъ и устремляется вода весной. Чѣмъ выше и свѣжѣе насыпь, тѣмъ вѣроятнѣе разрушеніе.

### Водосливъ.

*II* Для того, чтобы вода, собирающаяся въ прудѣ, не поднималась на гребень плотины, въ водохранилищахъ устраиваютъ отверстія, называемыя водосливами и водоспусками.



Разница между ними та, что черезъ водосливъ проходить только верховая, излишняя вода, поднявшаяся сверхъ ординара, а черезъ водоспускъ можно пропустить воду любого горизонта почти до дна водохранилища. Съ этою цѣлью въ водоспускъ на разныхъ высотахъ устраиваются затворы, въ водосливахъ же затворовъ нѣтъ.

Въ большинствѣ обводнительныхъ водохранилищъ излишняя вода проходитъ черезъ водосливъ.

Водосливъ не слѣдуетъ устраивать въ самомъ тѣлѣ плотины, чтобы не ослаблять его, и къ тому же устройство на насыпномъ грунтѣ значительно усложняетъ и удорожаетъ сооруженіе. Обыкновенно водосливъ устраивается на отлогомъ берегу саженьхъ въ 2 отъ плотины. Очень подходящимъ для водослива является отвершекъ, впадающій въ балку ниже наружнаго откоса плотины; его только нужно соединить канавою съ прудомъ, при этомъ, конечно, онъ долженъ быть достаточно широкимъ для прохода воды. Чтобы отвершекъ не размывался и не растапывался скотомъ, дно и бока его укрѣпляются.

Въ рѣдкихъ случаяхъ удастся пайти ложбину, въ которой можно было бы устроить такой естественный водообходъ, поэтому приходится устраивать водосливъ искусственный. Для этого роется каналъ такихъ размѣровъ, чтобы онъ безъ замедленія могъ спустить изъ пруда весь избытокъ воды. Дно канала должно быть расположено на уровнѣ наивысшаго горизонта воды въ прудѣ, т. е. на 0,50 саж. ниже гребня плотины.

Начинаясь передъ плотиною, каналъ огибаетъ одинъ изъ ея концовъ, идетъ съ уклономъ и спускается въ балку (фиг. 151).

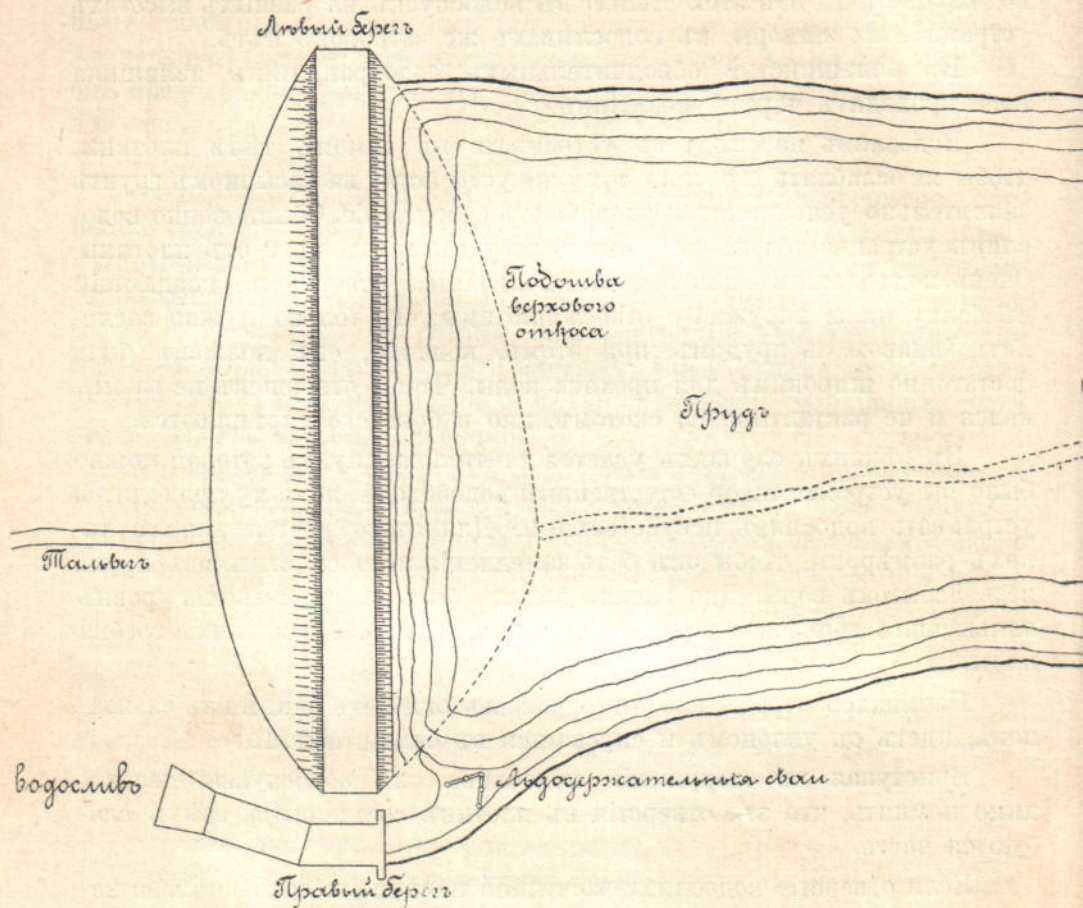
Приступая къ сооруженію водослива или водоспуска, необходимо помнить, что эти отверстія въ плотинѣ составляютъ самую слабую ея часть.

Если отверстіе водослива рассчитано невѣрно и если сдѣлано недостаточной величины, то непомѣщающаяся вода поднимается на гребень плотины и, переливаясь черезъ него, вызываетъ порчу и опасное разрушеніе откосовъ. Поэтому водосливъ всегда надо рассчитывать съ запасомъ, чтобы свободно могъ пройти не средній, а самый большой секундный расходъ воды, который поступаетъ въ прудъ со всей площади водосбора во время ливней или весеннихъ паводковъ.

Запасъ въ отверстіи хотя и удорожаетъ стоимость сооруженія, но зато обезпечиваетъ его прочность на случай внезапнаго переполненія пруда. Какъ бы широко ни рассчитывался расходъ воды, нельзя быть увѣреннымъ въ томъ, что никогда толщина слоя не будетъ больше опредѣленной. Во всѣхъ катастрофахъ съ плотинами одною изъ главныхъ причинъ является паводокъ, значительно превышающій предусмотрѣнные для него размѣры и для спуска котораго водосливы оказываются недостаточными.



Для расчета водослива надо знать секундный расход  $Q$  въ выбранномъ мѣстѣ, опредѣливъ его по формуламъ, и затѣмъ это опредѣленіе  $Q$  надо еще провѣрить. Провѣрка дѣлается по даннымъ изы-



Фиг. 151.

сканій, когда отмѣченная максимальная высота ливневыхъ водъ даетъ возможность опредѣлить живое сѣченіе  $F$ , подводный периметръ  $p$ , а слѣдовательно и гидравлическій радіусъ  $R$

$$R = \frac{F}{p} \text{ (см. стр. 22),}$$

а зная при этомъ уклонъ  $i$ , находимъ скорость  $v$  по формулѣ Чези,

$$v = c \sqrt{Ri} \text{ (см. стр. 26)}$$

гдѣ  $c$  коэффициентъ, опредѣленный формулою Гангюлье и Куттера (см. стр. 26); для земляного русла въ саженьяхъ (пренебрегая  $i$  и принимая  $n = 0,025$ ) этотъ коэффициентъ



$$c = \frac{\sqrt{R \cdot 43,09}}{\sqrt{R} + 0,393}$$

тогда при живомъ сѣченіи, равномъ  $F$ , расходъ  $Q$  долженъ быть равенъ

$$Q = Fv \text{ или}$$

$$Q = F \frac{R \cdot 43,09}{\sqrt{R} + 0,393} \sqrt{i} \text{ въ саженьяхъ.}$$

Такимъ образомъ изъ сравненія выясняется, насколько это опредѣленіе разнится съ расчетомъ по формуламъ, и въ случаѣ большого противорѣчія вычисленія повторяются. Затѣмъ, проектированіе отверстія водослива дѣлается по формулѣ Lebros (см. стр. 16).

$$Q = 0,31 b H \sqrt{2 g H}$$

гдѣ  $b$  искомая ширина отверстія, а величиною  $H$  задаются обыкновенно такъ: для деревянныхъ и каменныхъ водосливовъ столбъ протекающей воды ( $H$ ) не дѣлаютъ выше 0,33, а для водосливныхъ каналовъ съ плетневыми укрѣпленіями воду пропускаютъ не выше 0,15 саж., но такъ какъ вода въ водосливѣ сжимаясь понижается около  $\frac{1}{3}$  своей высоты, то для расчета деревяннаго и каменнаго водосливовъ можно брать  $H = 0,50$  саж., а для плетневыхъ 0,20 саж., и тогда для деревянныхъ водосливовъ формула Lebros въ саженныхъ мѣрахъ принимаетъ такой видъ

$$Q = 0,33 b.$$

а слѣдовательно ширина отверстія водослива  $b = \text{около } 3 Q$  и для плетневыхъ  $b = \text{около } 12 Q$ .

Водосливный каналъ роется всегда раньше или одновременно съ возведеніемъ плотины, чтобы землю изъ канала помѣстить въ насыпь.

Каналъ роется съ полуторными откосами. Если откосъ получается очень высокій, то черезъ каждыя 0,60 саж. по высотѣ на немъ дѣлаются бермы по 0,15 саж., которыя увеличиваютъ стойкость откосовъ.

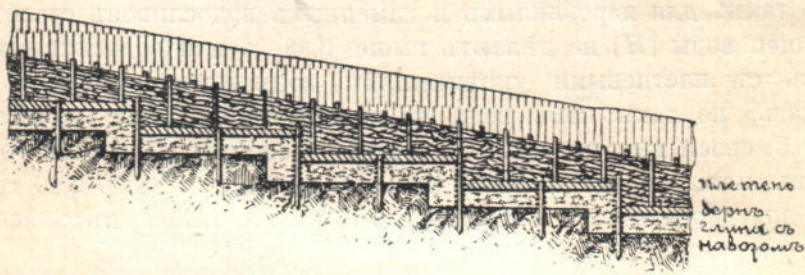
Если площадь водосбора  $P$  не больше  $\frac{1}{5}$  версты (20 дес.), то водосливъ не укрѣпляется. Обыкновенно онъ тогда представляетъ собою канаву, шириною по дну въ 1 саж., съ полуторными откосами и съ уклономъ не больше 0,005. Хвостъ канавы спускается въ хорошо задернованный логъ. Лучше такихъ водосливовъ дѣлать два по обоимъ плечамъ плотины.

При водосборѣ менѣе  $\frac{1}{2}$  кв. версты (менѣе 50 дес.) канаву укрѣпляется слѣдующимъ образомъ: сначала дно дѣлается горизонтальнымъ на 2 саж., затѣмъ на 8—10 саж. дно понижается съ уклономъ въ 0,10; наконецъ сажени 2 на днѣ тальвега водосливъ заканчивается опять горизонтальною площадкою. По дну канала и по отко-



самъ (на высоту 0,30 саж.) роются ровики, глубиною и шириною по 0,20 саж. въ клѣтку черезъ 1 саж. Въ ровики забиваются кольца, длиною въ 0,50 саж., такъ, чтобы надъ поверхностью дна водослива кольцо торчало на 0,10 саж. Колья заплетаются хворостомъ и ровики плотно забиваются глиною съ навозомъ, а пространство между плетнями отмасцивается камнемъ въ тычокъ на мятой соломѣ и плотно расщебенивается подъ трамбовку.

IV При водосборѣ не больше  $\frac{1}{2}$  кв. версты (50 дес.) водосливъ укрѣпляется также плетнями. При этомъ дно канала выполняется рядомъ горизонтальныхъ террасъ. Первая площадка не дѣлается короче ширины гребня плотины, а слѣдующія не короче 1 саж.; пороги или уступы по 0,15 саж. Укрѣпленіе заключается въ постановкѣ двухъ плетней въ полусаженномъ разстояніи другъ отъ друга, при чемъ одинъ ставится на самомъ уступѣ (фиг. 152).



Фиг. 152.

Когда каналъ съ уступами вырытъ, въ мѣстахъ, гдѣ должны быть плетни, роются въ поперечномъ направленіи канавки, шириною въ 0,15 саж., и врѣзаются въ откосы не меньше, какъ на 0,30 саж. Въ канавкахъ черезъ каждыя 0,15 саж. пробиваются сажальнымъ коломъ ямки, въ которыя забиваются кольца, толщиною дюйма въ  $2\frac{1}{2}$ , и такой длины, чтобы въ землѣ было столько кола, сколько его надъ землею. Колья обыкновенно чередуются черезъ одинъ, дубовые съ ивовыми. Верхушки колеьевъ забиваются по уровню и возвышаются надъ площадкой дюйма на 3; въ планѣ линия плетня идетъ съ легкимъ изгибомъ вверхъ.

Плетеніе ведется въ одну хворостину, а не шаровое, послѣднее менѣе плотно и скорѣе сгниваетъ. Наболѣе тонкій хворостъ располагается внизу, кверху постепенно набирается болѣе крупный. Такой плетень получается весьма устойчивымъ. Хворостъ долженъ быть свѣжій, ровный и „чуханный“, т. е. съ обрубленными вѣтвями, которыя мѣшаютъ трамбовкѣ земли за плетнемъ и производятъ непріятное впечатлѣніе <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Утилитарность должна идти рука объ руку съ эстетикой, и всякое техническое сооруженіе должно быть не только прочно и солидно, но въ то же время должно быть и чисто, и красиво.



Пространство между плетнями затрамбовывается глиной, тщательно перемѣшанной съ навозомъ, при чемъ навоза берется больше, чѣмъ глины. Въ тѣхъ случаяхъ, когда площадки приходится дѣлать очень широкими, трудно добиться, чтобы протекающая вода шла вездѣ слоемъ одинаковой толщины и чтобы отъ этого не портились дно и стѣнки водосливнаго канала. Уменьшеніе вреда достигается раздѣленіемъ струи пополамъ постановкою посрединѣ площадокъ продольнаго плетня.

Откосы канала также укрѣпляются плетнями, которые ставятся одновременно съ поперечными, перекрещиваясь съ ними. Колья забиваются вдоль откоса, наклонно къ нему. Плетень возвышается надъ серединою площадки на 0,30 саж., образуя наклонную линію, параллельную общему уклону водосливнаго канала. Промежутокъ между плетнями и откосомъ затрамбовывается глиной съ навозомъ.

Вмѣсто плетней иногда откосы дернуются на ту же высоту.

Площадки дернуются сплошь плашмя съ прибавкою спицами, соблюдая перевязку въ расположеніи дернинъ; вмѣсто дерновки иногда площадка отмащивается камнемъ въ тычекъ на навозѣ.

Такъ какъ размываніе водослива начинается обыкновенно съ хвостовой его части, то выходъ въ дно оврага надо укрѣпить слоемъ хвороста, верхушками противъ воды, который и притужить черезъ 0,50 саж. крѣпкими гнетами.

При водосборѣ большемъ 1 версты и въ томъ случаѣ, когда грунтъ позволяетъ забивать сваи, устраиваются *деревянные водосливы*.

Дно водослива, называемое флютбетомъ, состоитъ изъ двухъ половъ понурнаго и сливного. Понурный полъ представляетъ горизонтальную площадку, которая переходитъ въ сливной полъ или наклонный или уступчатый.

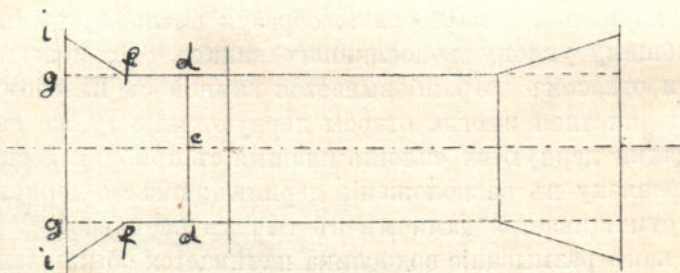
Ѹ При водосборѣ  $P = 1\frac{1}{2}$  версты (150 десят.) водосливъ дѣлается наклонный, при большей площади — уступчатый; при чемъ на случай большихъ ливней надо еще имѣть запасную водосливную канаву на противоположномъ плечѣ и расположить ее дно на 0,25 саж. выше дна водослива.

Хвостовая часть сливного пола на днѣ оврага выполняется воронкою, выпускающею воду уширеннымъ сѣченіемъ и, слѣдовательно, съ уменьшенною скоростью. Если общее паденіе водослива не больше 2 саж., то сливной полъ выгоднѣе дѣлать наклоннымъ, при паденіи же большемъ, чѣмъ 2 саж., полъ дѣлается уступчатымъ по 0,30 саж. въ порогъ и съ площадками въ 1 саж.

Въ томъ мѣстѣ, гдѣ понурный полъ переходитъ въ сливъ, обыкновенно на разстояніи 2 саж. отъ начала, назначается порогъ, который перекрываетъ линію шпунтоваго ряда перпендикулярно къ оси водосливнаго канала. На этой линіи откладываютъ въ обѣ стороны равныя части  $cd$  (фиг. 153), соотвѣтствующія половинамъ ширины флютбета,



и через точки  $d$  проводят прямые параллельныя оси, которыя являются очертаніемъ дна водослива. Отъ точекъ  $d$  по продолженію этихъ линій къ водѣ пруда откладываютъ величины  $df$ , равныя 1 саж. и отъ  $f$  на разстояніи 1 саж. забивается колышекъ  $g$ . Точки  $g$  и  $g$  соединяются прямою, которая продолжается въ обѣ стороны по 1 саж. до точекъ  $i$ ; соединивъ затѣмъ точки  $i$  съ точками  $f$ , получимъ очертаніе воронки понурнаго пола. Линія порога  $dd$  должна точно находиться на 0,50 саж. ниже гребня плотины, т. е. должна итти по горизонту ординара. Хвостовая часть сливного пола выполняется точно такою же воронкою, какъ и при входѣ въ понурную часть.



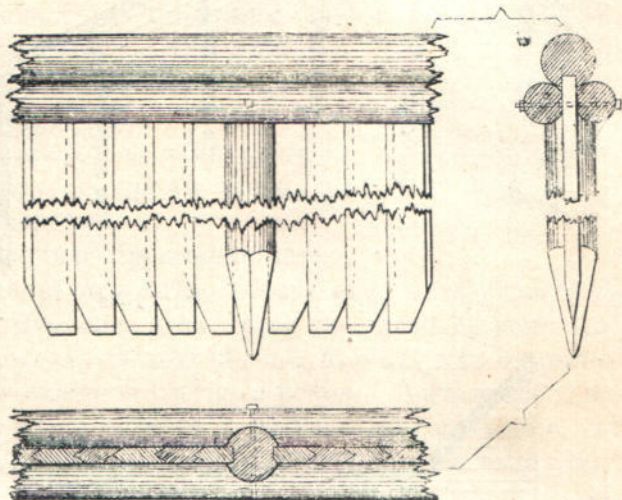
Фиг. 153.

Размѣтивъ на мѣстѣ колышками очертаніе флютбета, приступаютъ къ устройству его основанія, состоящаго изъ шпунтоваго ряда и отдѣльныхъ свай. Назначеніе шпунтоваго ряда — не допускать фильтраціи подѣ флютбетъ.

Работа начинается съ шпунтоваго ряда  $dd$ . Прежде всего забиваются шестивершковые маячныя сваи въ разстояніи 1 саж. центръ отъ центра. Сваи эти оправляются по шнуру накругло и нижній конецъ ихъ завастривается на три грани, длиною въ 0,30 саж., на верхнемъ же концѣ дѣлается зарубка, высотой въ 0,02 саж. для набивки бугеля. Съ двухъ противоположныхъ сторонъ въ сваѣ выбирается пазъ глубиною въ 0,02 саж., а шириною (по толщинѣ доски) въ 0,04 саж. Чтобы свая не раскололась, пазъ не доводятъ до головы на 0,10 саж., а послѣ забивки эта верхушка до паза отрѣзывается; затѣмъ къ сваямъ прибалчиваются или прибиваются ершами горизонтальныя парныя схватки (направляющія) изъ четырехвершковыхъ бревенъ (фиг. 154), при чемъ онѣ должны быть на 6 вершковъ ниже проектнаго горизонта воды въ прудѣ, такъ какъ наложенный на нихъ шестивершковый порогъ долженъ лежать точно на этомъ горизонтѣ. Маячныя сваи, поставленныя въ точкахъ  $dd$  (фиг. 153), называются маточными, онѣ берутся толще другихъ. Пространство между маячными сваями набирается изъ дубовыхъ шпунтинъ (досокъ), толщиною въ 3 дюйма. Въ шпунтинахъ одна кромка выполняется гребнемъ въ 0,02 саж., а въ другой — выбирается пазъ такого же, какъ гребень, очер-



танія и такой же, какъ онѣ, глубины. Маячныя сваи слѣдуетъ забивать копромъ, а шпунтовые ручною бабой. Надо сразу набирать и устанавливать по отвѣсу все звено свай (1 саж.) и забивать попарно, предварительно набивъ на верхъ двухъ свай одинъ продолговатый бугель. Забивъ на 0,20 саж. первую пару, переходятъ ко второй, затѣмъ къ третьей и, осадивши такимъ образомъ все звено на одну глубину, опять начинаютъ съ первой пары. Когда сваи отстоятся, онѣ добиваются уже легче. Если стѣну начнетъ выпирать въ сторону, то ее выпрямляютъ домкратами и упорками и бьютъ, пока она не выпрямится, тогда упорки снимаютъ.



Фиг. 154.

На верхушкахъ маячныхъ свай нарубаютъ шипы, на которые насаживается соотвѣтствующимъ гнѣздомъ порогъ, шпунтовые же доски срѣзаютъ такъ, чтобы онѣ были выше схватокъ; этимъ гребнемъ доски входятъ въ порогъ, для чего въ послѣднемъ выбирается соотвѣтственный пазъ (фиг. 154). Брусъ для порога или оправляется накругло или вытесывается изъ 7—8 вершковаго бревна. На верхней грани порога отбираются четверти для пологого настила, т. е.  $2\frac{1}{2}$  дм.

Когда положеніе порога провѣрено, порогъ нагоняется на шипы маячныхъ свай и скрѣпляется съ ними болтами, концы же порога запускаются въ маточныя сваи *d* (фиг. 153) и скрѣпляются съ ними скобами. *Полн.*

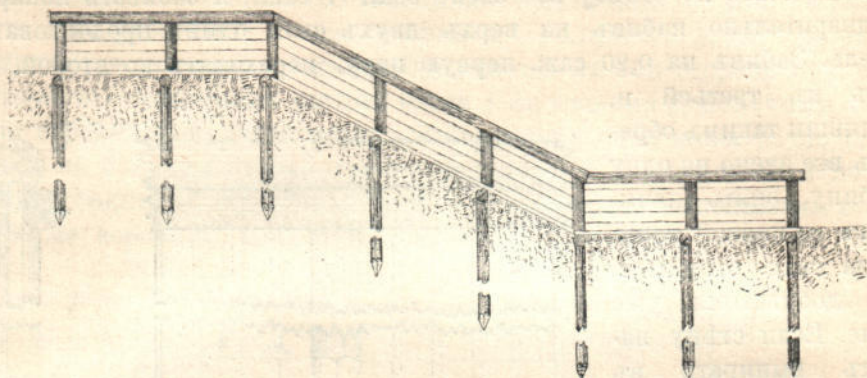
Когда шпунтовая линія закончена, переходятъ на боковыя линіи флютбета. Сваи и здѣсь забиваются въ разстояніи 1 саж. центръ отъ центра на глубину 1 саж., а высотой до уровня гребня плотины, т. е. такъ, чтобы верхъ насадки, положенной на эти сваи, находился на высотѣ 0,50 саж. отъ порога водослива. Эта высота стѣнки сохраняется и въ сливной части (фиг. 155). <sup>1)</sup>

Далѣе по всей площади основанія флютбета забиваются половыея

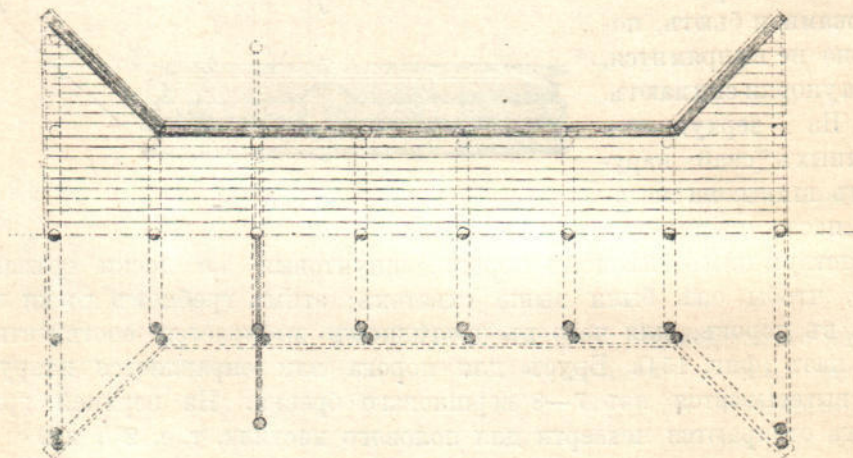
<sup>1)</sup> Чтобы безошибочно опредѣлить положеніе, какъ порожняго бруса, такъ и другихъ важныхъ точекъ водослива, ихъ провѣряютъ по реперу, который ставится при нивелировкѣ водохранилища неподалеку отъ него.



или такъ называемыя роствербовыя сваи рядами параллельно шпунтовому ряду такъ, чтобы и между рядами и между сваями въ ряду

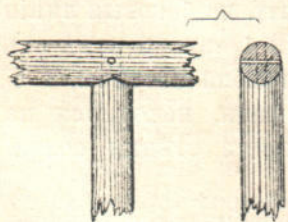


Фиг. 155a.



Фиг. 155b.

разстояніе было въ 1 саж. Сваи эти сръзываются на такой высотѣ, чтобы насадки, положенныя на нихъ, приходились точно на уровнѣ нижней стороны пола водослива. Насадки располагаются на сваяхъ поперекъ оси водослива и скрѣпляются съ сваями прямыми сквозными шипами съ клиномъ и скобами или болтами (фиг. 156).

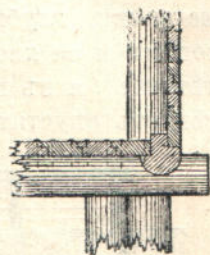


Фиг. 156.

Шпунтовый рядъ, продолжаясь въ объ стороны за линіи очертаній водослива, составляетъ такъ называемыя открылки, которые служатъ для болѣе прочнаго соединенія шпунта съ берегами, а также и для того, чтобы вода, входя въ водосливъ, не обошла его за стѣнами. Длина каждого открылка дѣлается не



менѣе какъ въ половину отверстія водослива. Маячныя сваи открывковъ забиваются не до уровня порога, а до того горизонта, какимъ будетъ проходить вода по водосливу, т. е. до высоты 0,30 саж. надъ порогомъ. Въ виду большой трудности забивки вертикальнаго шпунта, въ открывкахъ примѣняется горизонтальная заборка; дѣлается она такъ: до одной высоты съ порогомъ забиваются вертикальныя шпунтины; затѣмъ онѣ срѣзаются по ватерпасу, перекрываются насадкою, въ верхней части которой отбирается глубокая четверть, а затѣмъ звено между маяками забивается горизонтально досками въ пазы и въ четверть одна съ другою, кромѣ этого, доски скрѣпляются еще шпонками.



Фиг. 157.

Для образованія стѣнокъ и открывковъ маточныя сваи *d* (фиг. 153) забиваются не до проектнаго урѣза воды, а до высоты гребня плотины. Въ пазы этихъ свай съ одной стороны входитъ шпунтовый рядъ порога, съ другой—шпунтовый рядъ открывка.

Слѣдующей работой является настилка половъ. Прежде всего все подполье очищаютъ отъ щепы, мусора и всякаго другого хлама, накопляющагося при забивкѣ свай. Затѣмъ снимается верхній слой земли на 0,15 саж., и забивается до насадокъ пескомъ, мелкимъ щебнемъ, а въ крайнемъ случаѣ растительною землею съ примѣсью навоза или мятой соломы, но не глиной. Глина подъ полами пучится и не пропускаетъ воду, а между тѣмъ грунтъ подъ водосливомъ долженъ быть легкимъ, чтобы вода, просочившаяся черезъ полы или черезъ шпунтъ, не задерживалась и проходила въ почву.

Для настилки половъ употребляются  $2\frac{1}{2}$ -дюйм. дубовыя доски. Предварительно съ стѣнными сваями скрѣпляются шипами и скобами лежни (фиг. 157), въ этихъ лежняхъ, въ части, обращенной къ серединѣ водослива, выбирается четверть, куда и закладывается половая доска. Дальнѣйшее замащиваніе производится досками въ четверть съ придиркою, прибывая доски или 8-дюймовыми гвоздями по два въ рядъ на каждой, или—лучше, дубовыми нагелями. Боковыя стѣнки и откосныя крылья образуются или изъ двухвершковыхъ досокъ въ четверть, или изъ пластинъ, рѣзанныхъ изъ пятивершковаго лѣса (фиг. 157), и прибываются съ наружной стороны гвоздями. За стѣнками забивается легкій грунтъ съ примѣсью навоза или мятой соломы. Пол

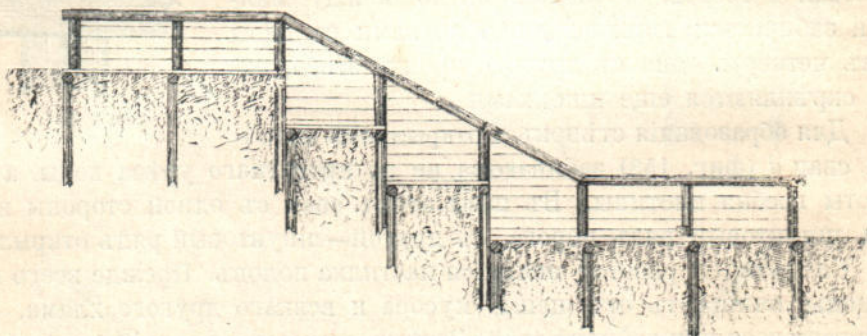
При уступчатомъ водосливѣ каждый порогъ представляетъ собою отдѣльную шпунтовую линію. Для образованія порога рядомъ съ шпунтовой линіею забиваютъ ниже ея на 0,30 саж. сваи (фиг. 158) и на нихъ кладутъ доски пологого настила слѣдующей площадки.

Всѣ деревянныя части: сваи, насадки, схватки, доски должны быть хорошо, за два раза осмолены, а трещины и щели задѣланы и проконопачены смоленою паклей.



Для того, чтобы спускающаяся струя выходила съ надломленною и менѣе разрушительною скоростью, въ хвостовой горизонтальной части слива, передъ выходною воронкою, укрѣпляется крѣпкій толстый брусъ, при чемъ между поломъ и брусомъ оставляется прозоръ.

Впереди деревянныхъ водосливовъ слѣдуетъ устраивать глиняные замки, глубиною въ 0,60 саж. и шириною въ 0,40 саж. Передъ входомъ и за хвостомъ на 2 саж. слѣдуетъ устраивать мощеніе въ клѣткахъ, а въ предупрежденіе подмыва въ концѣ нижней воронки слѣдуетъ опустить небольшую шпунтовую заборку.



Фиг. 158.

Деревянные водосливы требуютъ постоянного наблюденія и частаго ремонта. При переменнѣйшей влажности и температурѣ дерево коробится и трескается; малѣйшая щель влечетъ за собою просачиваніе, а это явленіе уже опасное, грозящее подмывомъ и разрушеніемъ сооруженія.

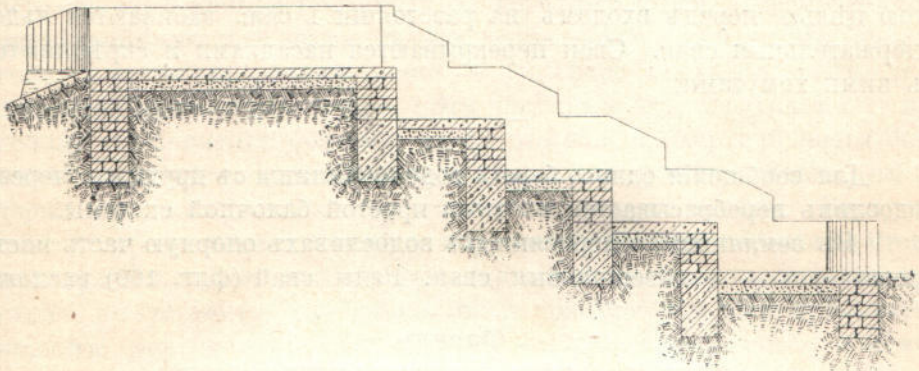
*Каменные водосливы* несравненно прочнѣе деревянныхъ и, будучи возведены на материкѣ, почти не требуютъ ремонта; слѣдуетъ только обратить вниманіе на тщательную засыпку подъ флютбетомъ и за стѣнками, легкою землею, чтобы она не разбухла отъ влажности и не была въ комкахъ. Камень долженъ быть крѣпкій, плотнаго однообразнаго строенія; мягкій же, какъ, напр., глинистый известнякъ, а также и кирпичъ нельзя употреблять въ этихъ сооруженіяхъ. Даже самый лучшій кирпичъ черезъ нѣкоторое время изнашивается отъ движущейся съ большою скоростью воды, въ особенности, если она несетъ илъ и песокъ.

Хорошимъ типомъ каменнаго водослива является слѣдующій (фиг. 159).

Впереди понурной части въ материкѣ закладывается упорная (шпунтовая) стѣнка въ 0,40 саж. толщиною. Расположенная на 0,50 саж. ниже гребня, эта стѣнка замѣняетъ порогъ деревяннаго водослива, а продолжаясь въ обѣ стороны отъ отверстія, плечи этой стѣнки представляютъ собою тѣ же открылки. Къ плечамъ по обѣ



стороны флютбета примыкають стѣнки водослива. Всѣ стѣнки непременно должны быть основаны на материкѣ и заложены ниже линіи промерзанія грунта; ихъ можно также основывать на бетонѣ; для этого роются траншеи съ отвѣсными стѣнками и крѣпятся досками; чтобы къ доскамъ не приставала бетонная масса, ихъ смазываютъ мыломъ. Бетонъ наколачивается до уровня воды сливной площадки и для лучшаго сопряженія съ растворомъ каменной кладки, не сглаживается, а оставляется шероховатымъ. Въ плотномъ грунтѣ нѣтъ надобности стѣнки крѣпить досками, бетонъ прямо наколачивается въ рвахъ.



Фиг. 159.

Первая горизонтальная площадка водослива продолжается до линіи наружной бровки плотины, а затѣмъ идетъ рядъ уступовъ. Площадки выполняются слѣдующимъ образомъ. Поверхностный слой земли на 0,10 саж. снимается и на его мѣсто насыпается такой же слой щебня; сверхъ его накладывается бетонъ, въ составѣ: 1 цем. + 3 песка + 6 щебня, и сильно трамбуется до толщины 0,10 саж. Очень жирнаго бетона брать не слѣдуетъ, такъ какъ его рветъ на солнцѣ. Вмѣсто бетона для площадокъ очень подходящими являются сплошныя желѣзо-бетонныя плиты, толщиной въ 0,10 саж. (см. стр. ).

Стѣнки и перепады складываются на гидравлическомъ растворѣ въ составѣ 1 : 3. Швы расшиваются болѣе сильнымъ растворомъ = 1 : 2. Площадки, а иногда и стѣнки штукатурятся такимъ же растворомъ, при чемъ для того, чтобы штукатурка держалась прочнѣе, къ еще неокрѣпшему цементу прибавляется обыкновенными гвоздями проволоочная сѣтка, по которой дѣлають наметъ.

Площадки не слѣдуетъ дѣлать короче 1,5 саж. и, по мѣрѣ спуска, ихъ надо удлинять, каждую на 0,20 саж. Уступы выше на 0,40 саж. дѣлать не слѣдуетъ, а толщина ихъ, какъ и боковыхъ стѣнокъ, дѣлается въ 0,30 саж.

Входъ въ водосливъ и выходъ изъ него выполняется воронкою,



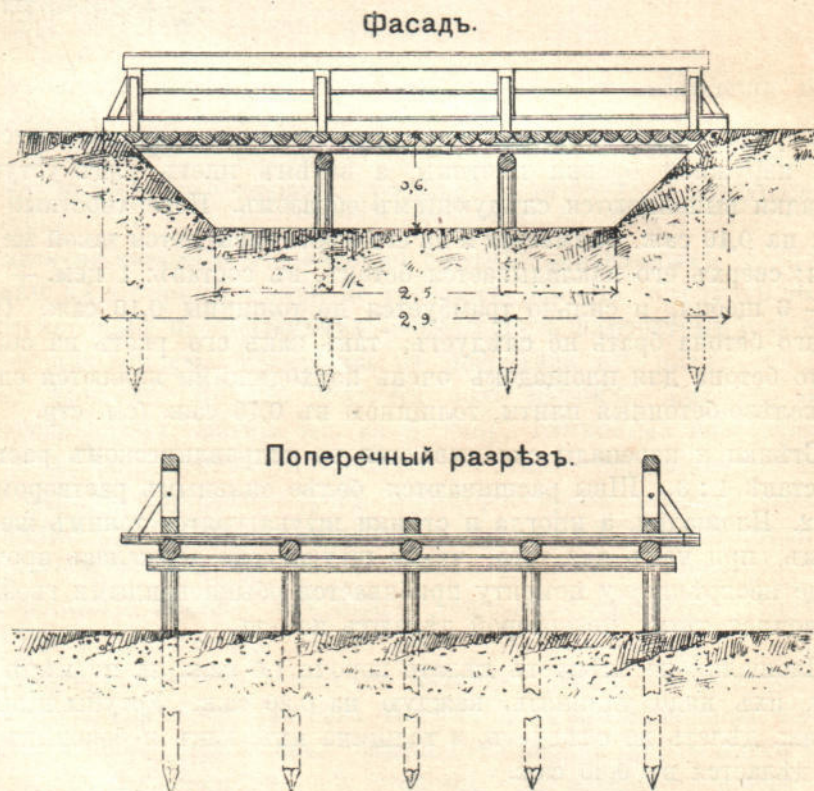
при чемъ, передъ входомъ полезно устроить глиняный замокъ (не показанный на чертежѣ) и замостить камнемъ. Такое же мощеніе полезно и въ хвостовой части. По окончаніи работъ въ теченіе нѣсколькихъ дней сооруженіе поливается водою.

Стоимость водослива каменно-бетоннаго хотя и превышаетъ стоимость водосливовъ деревянныхъ, но прочность и долговѣчность ихъ не поддается сравненію.

Изъ какого бы матеріала ни былъ устроенъ водосливъ, онъ долженъ быть защищенъ *оборонною линією* отъ поврежденія льдомъ. Съ этою цѣлью передъ входомъ на разстояніи 1 саж. забиваются льдоудержательныя сваи. Сваи перекрываются насадками и скрѣпляются съ ними хомутами.

Для сообщенія одного берега водохранилища съ другимъ, черезъ водосливъ перебрасывается мостикъ простой балочной системы.

Въ земляныхъ и деревянныхъ водосливахъ опорную часть моста представляютъ пятивершковыя сваи. Ряды свай (фиг. 160) распола-



Фиг. 160.



гаются въ разстояніи 1 саж. одинъ отъ другого, разстояніе же между центрами свай въ ряду дѣлается въ 0,75 саж. и такимъ образомъ каждый рядъ состоитъ изъ 5 свай. На сваяхъ зарубаются шипы, на которые насаживаются пятивершковые насадки, а на насадкахъ непосредственно надъ сваями укладываются прогоны изъ пятивершковаго лѣса. Прогоны слегка прирубаются къ насадкамъ и сращиваются на нихъ по длинѣ (въ каменныхъ водосливахъ прогоны кладутся на мауэрлаты, положенные на обрѣзы плечъ). Настилъ располагается поперекъ прогоновъ, при чемъ пластины притесываются и пришиваются къ прогонамъ семидюймовыми гвоздями. Длинною пластины берутся по 5 арш. и стыкаются на серединѣ моста. Сверху настила надъ крайними прогонами въ разстояніи ровно 3 саж. одинъ отъ другого, а также посрединѣ моста — въ мѣстѣ стыка пластинъ, укладываются прижимные брусья. Эти прижимы съ пластинами и прогонами скрѣпляются болтами въ  $\frac{3}{4}$  дюйма. Въ верхней части боковыхъ прижимовъ черезъ каждую 1 саж. выбираются гнѣзда, въ которыя прямымъ шипомъ загоняють перильныя стойки. Верхушки стоекъ перекрываются 5-вершк. поручнемъ. Каждая перильная стойка подпирается подкосомъ, который однимъ концомъ упирается въ пластину, выпускаемую для этой цѣли за край моста, и тамъ прибивается ершомъ, другой же конецъ подкоса спиливается наискось и прибивается двумя 7-дюймовыми гвоздями къ стойкѣ и поручню.

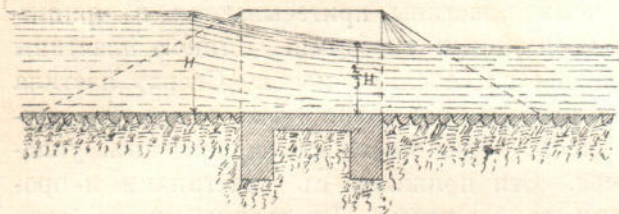
### Водоспускъ.

Главное различіе между водосливомъ и водоспускомъ состоитъ въ томъ, что черезъ отверстіе водослива вытекаетъ изъ пруда только та вода, которая поднимается выше опредѣленнаго для нея горизонта, т. е. выше 0,50 саж., считая отъ гребня плотины; открывая же отверстіе водоспуска, можно изъ водохранилища выпустить воду до любого горизонта. Понятно, что вмѣстѣ съ водою нижняго горизонта черезъ водоспускъ проносятся илъ, и такимъ образомъ проходъ воды черезъ водоспускъ сопровождается очисткою пруда отъ наносовъ. Далѣе, открывая сразу все отверстіе водоспуска во время весенняго половодья или лѣтняго ливня, получается возможность быстро пропустить большую массу воды, и такимъ образомъ уменьшается опасность затопить плотину, если отверстіе рассчитано ошибочно мало. Затѣмъ, если закрыть пролетъ водоспуска такъ, чтобы отъ верхней кромки затворовъ до гребня плотины оставалось неизмѣнно отверстіе въ 0,50 саж., то водоспускъ отчасти будетъ играть роль водослива, т. е. вода въ прудѣ будетъ держаться на опредѣленномъ горизонтѣ, а избытокъ ея станетъ переливаться черезъ кромку щитовъ.

Устройство водоспуска обходится вообще дорого, поэтому строить ихъ только въ тѣхъ случаяхъ, когда по расчету водосливъ выходилъ



бы очень большой ширины (напр., до 8—10 саж.), когда площадь водосбора велика—больше 2 кв. верстъ (200 дес.), а также если воды, питающія водохранилище, несутъ много ила и грозятъ быстрымъ занесеніемъ пруда, напр., когда распаханы склоны, если впадаютъ дѣйствующіе овраги и т. п. При сооруженіи деревянныхъ водоспусковъ, необходимо считаться еще съ очень существеннымъ недостаткомъ ихъ. Дѣло въ томъ, что водоспуски, построенные въ сухихъ логахъ,

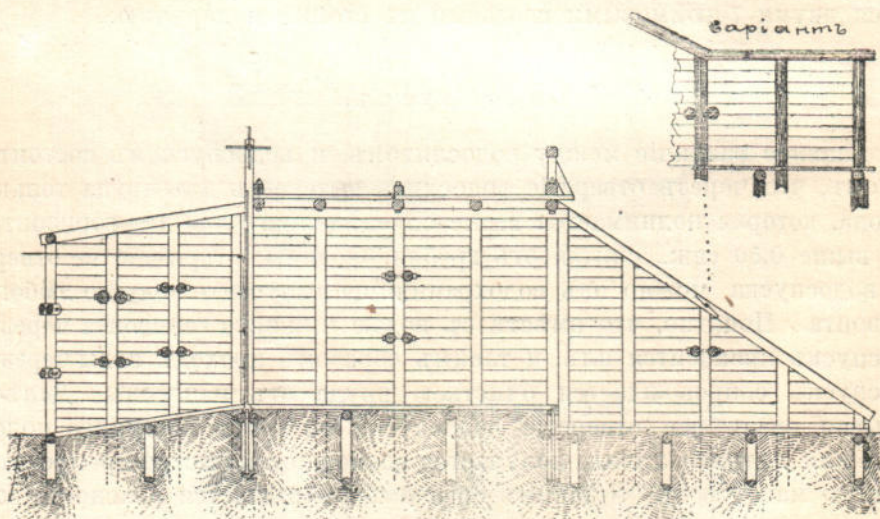


Фиг. 161.

гдѣ нѣтъ постояннаго протока хотя бы ключевой воды, высыхаютъ и непремѣнно даютъ течь, при самой аккуратной работѣ и самой тщательной конопаткѣ. Очень нерѣдки случаи, когда при отсутствіи лѣт-

нихъ дождей вся вода къ зимѣ уходила изъ пруда.

Отверстіе водоспуска должно быть рассчитано такъ, чтобы черезъ него свободно проходилъ самый большой секундный расходъ водосбора. Опредѣливъ этотъ расходъ и задавшись высотой  $H$  слоя пропускае-

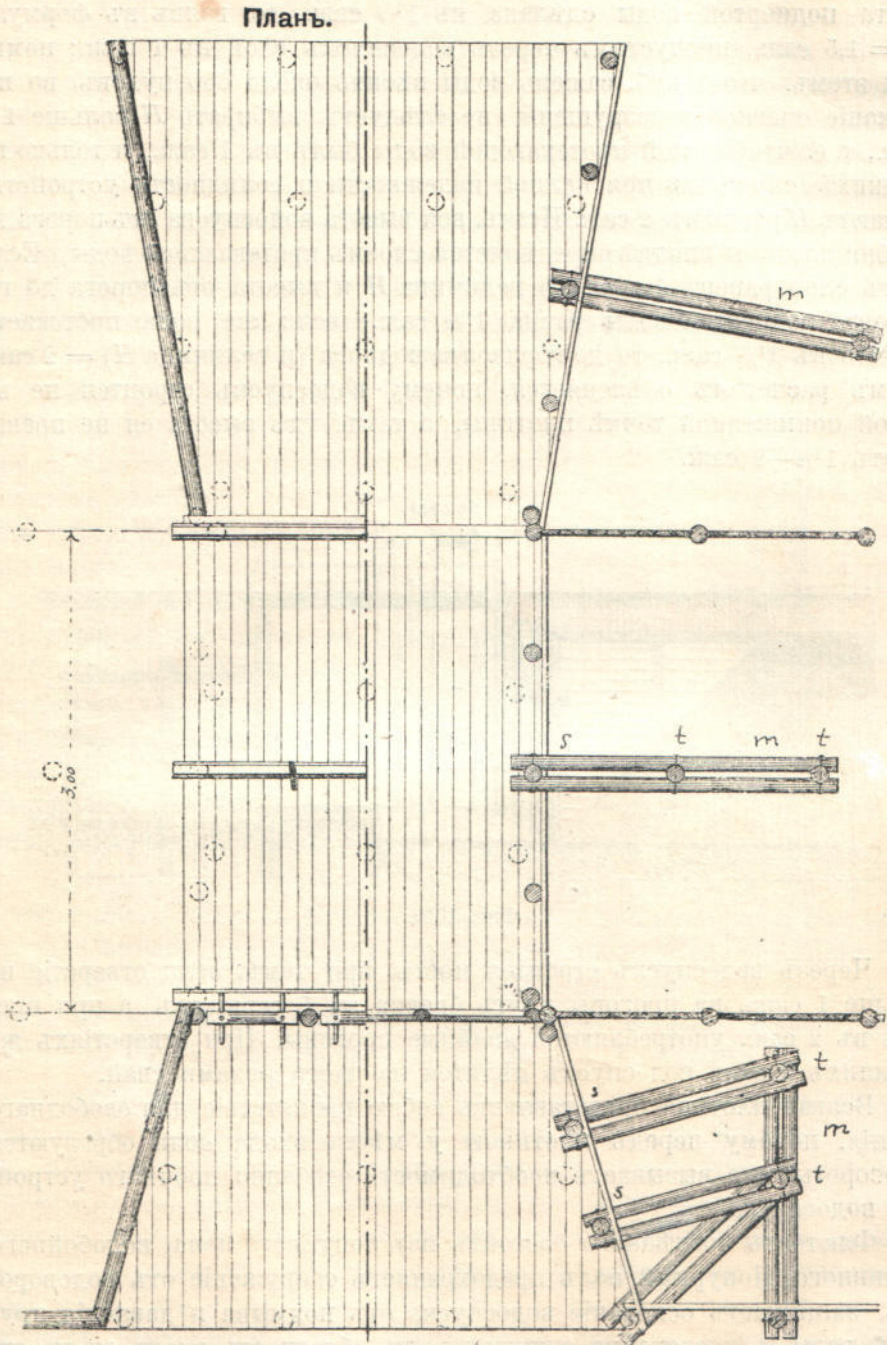


Фиг. 162а.

мой по флютбету воды, находятъ ширину  $b$  отверстія водоспуска по той же формулѣ Lebras, по которой рассчитывается и водосливъ, именно:

Величину  $H$  берутъ равною всей высотѣ окна водоспуска до ординара на томъ же основаніи, что и въ водосливѣ, т. е. предполагая, что вода, входя въ шлюзъ, понизится на  $\frac{1}{3}$  высоты отверстія (фиг.



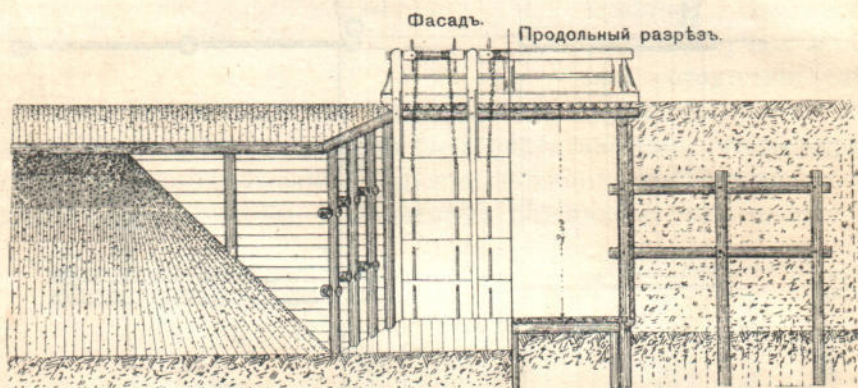


Фиг. 162b.

161). Такимъ образомъ, если требуется пропустить черезъ водопускъ слой воды въ 1 саж., то въ формулѣ надо взять  $H = 1,5$  саж. или, другими словами, если полная высота пролета отъ порога до гори-



зонта подпертой воды сдѣлана въ  $1\frac{1}{2}$  саж., то, взявъ въ формулѣ  $H = 1,5$  саж., пропустимъ черезъ водоспускъ слой въ 1 саж.; помня при этомъ, что 1 куб. сажень воды вѣситъ около 600 пудовъ, во избѣжаніе опасности разрушенія не слѣдуетъ выбирать  $H$  больше  $1\frac{1}{2}$  саж., т. е. чтобы слой протекающей воды былъ въ 1 саж., и только въ рѣдкихъ случаяхъ при полной надежности и солидности устройства дѣлають  $H$  равнымъ 2 саж. Итакъ, вся высота водоспуска отъ порога до гребня плотины вполне опредѣляется слоемъ протекающей воды. Если этотъ слой равенъ 1 саж., то величина  $H$  и высота отъ порога до горизонта подпертой воды равна  $1\frac{1}{2}$  саж.; если же вода протекаетъ слоемъ въ  $1\frac{1}{2}$  саж., то до горизонта подпора (и величина  $H$ ) = 2 саж. Этимъ расчетомъ объясняется, почему водоспускъ строится не въ самой пониженной точкѣ плотины, а тамъ, гдѣ высота ея не превышаетъ  $1\frac{1}{2}$ —2 саж.



Фиг. 162с.

Черезъ водоспускъ строится мостъ, при чемъ, если отверстіе не больше 1 саж., на прогоны идутъ бревна въ 5 вершковъ, а при пролетѣ въ 2 саж. употребляются двойные прогоны. При отверстіяхъ же большихъ 2 саж. водоспускъ дѣлится на части рядами свай.

Всякая плотина представляетъ собою препятствіе для свободнаго теченія, почему передъ плотиною у мѣста входа воды образуются водовороты, это вызываетъ необходимость особенно прочнаго устройства водоспуска.

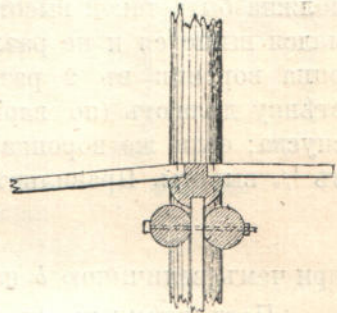
Флютбетъ послѣдняго состоитъ изъ понурнаго пола, водобойнаго и сливного. Понурный полъ предохраняетъ сооруженіе отъ водоворотовъ, защищаетъ основаніе водоспуска отъ подмыва и давленія прудовой воды и, постепенно суживая воду, облегчаетъ входъ ея въ отверстіе. Водобойный полъ принимаетъ воду, вступающую въ водоспускъ, а сливной передаетъ ее въ тальвегъ, при чемъ расширяющаяся воронка этого пола уменьшаетъ скорость теченія и, слѣдовательно, ослабляетъ его силу.



Понурный полъ дѣлается длиною около 2 саж. и, начинаясь отъ дна водохранилища, поднимается къ порогу водобойнаго пола обыкновенно на 0,30 саж., выполняется онъ воронкою, суживающеюся къ отверстію, при чемъ ширина воронки въ полтора раза больше ширины пролета. Водобойный полъ, начинаясь на линіи наружной бровки плотины, оканчивается у другой бровки, и такимъ образомъ длина водобоя равна ширинѣ гребня; полъ этотъ представляетъ строго горизонтальную площадку. За водобойною площадкою идетъ сливной полъ, оканчивающійся у подошвы низового откоса и, слѣдовательно, имѣющій длину, равную заложенію этого откоса. Воронка въ концѣ значительно шире, чѣмъ въ началѣ.

Имѣя всѣ эти данныя, приступаютъ къ разбивкѣ водоспуска, которая дѣлается совершенно подобно разбивкѣ водослива. Слѣдуетъ замѣтить, что водоспускъ строится прежде, нежели будетъ выведено тѣло плотины.

Деревянный дощатый водоспускъ (фиг. 162) строится на сваяхъ съ двумя шпунтовыми рядами. Основной или коренной шпунтовой рядъ проходитъ по линіи порога, на которой устанавливаются затворы отверстія. Насадка этого ряда (фиг. 163) носитъ названіе краснаго бруса (короля), и дѣлается толщиною не менѣе 7 вершковъ.



Фиг. 163.

Красный брусъ насаживается на гребень шпунта съ подкладкою просмоленнаго войлока. Краснымъ брусомъ отдѣляется понурный полъ отъ водобойнаго. Второй шпунтовой рядъ проводится по линіи, отдѣляющей водобойный полъ отъ сливного. Оба эти ряда забиваются плотно въ материкъ и срѣзаются такъ, чтобы насадка второго ряда и красный брусъ первого находились на одномъ уровнѣ.

Шпунтовые линіи продолжаютъ за стѣны водоспуска въ обѣ стороны въ тѣло плотины, образуя открылки, при чемъ длина открылковъ дѣлается не меньше ширины отверстія въ каждую его сторону. Шпунтъ въ открылкахъ забивается до горизонта понурнаго пола, а маячныя сваи срѣзаются на высотѣ проектнаго напора и затѣмъ все пространство отъ шпунта до верха свай забирается горизонтальнымъ шпунтомъ, какъ и въ водосливахъ. На головахъ свай въ открылкахъ зарубаются шипы, на которые накладывается насадка и скрѣпляется съ сваями скобами.

Шпунты тщательно конопатятся.

При отверстіяхъ меньшихъ 1 саж. устраиваются водоспуски облегченнаго типа—съ однимъ только кореннымъ шпунтовымъ рядомъ.



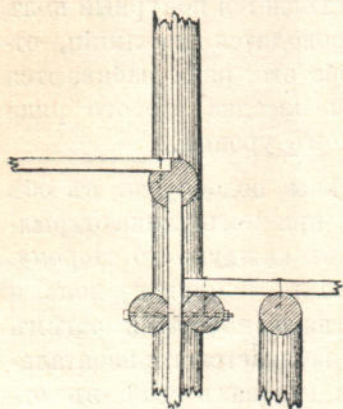
По бокамъ водоспуска забиваются сваи въ разстояніи 0,75 саж. центръ отъ центра. Высота ихъ различна, въ зависимости отъ стѣнокъ, именно: въ части водобойнаго пола высота свай соотвѣтствуетъ высотѣ гребня; сваи понурнаго пола понижаются по направленію отъ порога къ пруду, такъ однакоже, чтобы послѣдняя крайняя свая всегда возвышалась надъ горизонтомъ подпертой воды; наконецъ сваи сливного пола понижаются такъ, что насадка образуетъ наклонъ, соотвѣтствующій полуторному откосу плотины.

Высота стѣнки въ хвостовой части сливного пола дѣлается въ зависимости отъ ширины воронки; чѣмъ послѣдняя шире, тѣмъ стѣнка можетъ быть сдѣлана ниже, и при неширокой воронкѣ она дѣлается какъ это показано на фиг. 162a — вариантъ. Вообще же стѣнка эта должна быть такой высоты, чтобы слой протекающей воды не поднимался выше ея и не разлился бы по откосу. Обыкновенно, если ширина воронки въ 2 раза больше ширины отверстія водоспуска, то стѣнку дѣлаютъ (по варианту) въ половину высоты отверстія водоспуска; если же воронка въ 3 раза шире отверстія — стѣнку дѣлаютъ въ  $\frac{1}{3}$  высоты. Правильнѣе этотъ вопросъ рѣшается по формулѣ

$$Q = 0,31 bH\sqrt{2gH}$$

при чемъ величиною  $b$  надо задаться.

Подъ всѣми тремя полами параллельно порогу въ разстояніи 1 саж. центръ отъ центра и въ такомъ же разстояніи рядъ отъ ряда забиваются ростверковыя сваи. Онѣ срѣзаются въ каждомъ ряду съ такимъ расчетомъ, чтобы насадки, которыя будутъ на нихъ положены, точно приходились подъ досками половъ. Насадки соединяются съ сваями шипами и непременно болтами или скобами. Такое скрѣпленіе необходимо, чтобы вода, проникнувшая въ подполье, не подняла насадку съ свай.



Фиг. 164.

Для настилки понурнаго и водобойнаго половъ на верхней грани краснаго бруса вынимаются четверти, къ которымъ и притыкаются доски. Такія же четверти для досокъ водобойнаго пола вынимаются и на шапчномъ брусѣ второго шпунтового ряда. Вообще необходимо держаться правила, чтобы никакая настилка не перекрывала шпунтового ряда, она можетъ только примыкать къ четвертямъ, вынутымъ въ насадкахъ.

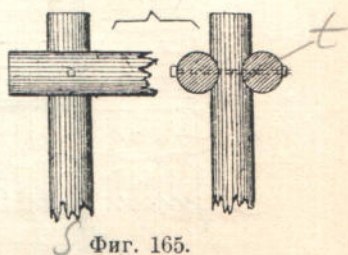
На уступѣ сливного пола направляющія схватки шпунта помѣщены ниже шапчной насадки, на такомъ уровнѣ, чтобы на нихъ гришелся настиль пола на 0,30 с. ниже порога (фиг. 164).

Пок



Пола лучше всего дѣлать какъ въ акведукахъ, но по большей части они устраиваются такъ же, какъ и въ водосливахъ. Доски берутся дубовыя полторавершковые; настилаются въ четверть съ придиркой. Каждая доска прибивается къ половой насадкѣ двумя 8—7" гвоздями или нагелями.

Подъ пола въ небольшихъ водоспускахъ насыпается щебень слоемъ не тоньше 0,10 саж., а въ крупныхъ — въ подпольи накладываются фашины. Въ понурной части передъ шпунтомъ плотно забивается глиняный замокъ. Такъ какъ давленіе плотины на стѣнку водоспуска очень велико и требуетъ установки периметровыхъ свай значительнаго діаметра, то, чтобы обойтись сваями обыкновеннаго ходоваго размѣра, применяютъ анкерныя соединенія *m* (фиг. 162в). Тогда давленіе земли распределяется на двѣ сваи. Надо только, чтобы анкерная свая *z* была забита въ плотинѣ дальше плоскости обрушенія. Размѣщаются схватки на каждой боковой свай понурнаго отдѣленія и черезъ сваю въ водобойномъ и сливномъ отдѣленіи. Каждая свая *z* соединяется съ сваей *t* болтомъ (фиг. 165).



Фиг. 165.

Въ длинныхъ сваяхъ понурнаго и водобойнаго половъ схватки помѣщаются по двѣ — на каждой трети высоты. Анкерныя схватки должны быть располагаемы непременно перпендикулярно къ линіямъ удерживаемыхъ ими свай.

Боковыя стѣнки обшиваются со стороны земли досками или пластинами въ закрой. Каждая доска прибивается двумя гвоздями (нагелями). Если доски приходятся къ свай въ притыкъ, то въ послѣдней вынимаются четверти, куда и втапливаются доски торцами.

Въ обѣ стороны отъ понурнаго, а иногда отъ сливнаго пола устраиваютъ откосныя крылья *x* (фиг. 162), т. е. забивается рядъ свай въ сажennemъ разстояніи по продолженію воронки и параллельно коренному ряду. Сваи перекрываются насадками и зашиваются со стороны земли досками или пластинами. Длина откосныхъ крыльевъ одинакова съ длиною шпунтовыхъ открьлковъ коренного ряда, а высота ихъ такая же, какъ и свай въ началъ понура. Сваи крыльевъ скрѣпляются анкерными схватками.

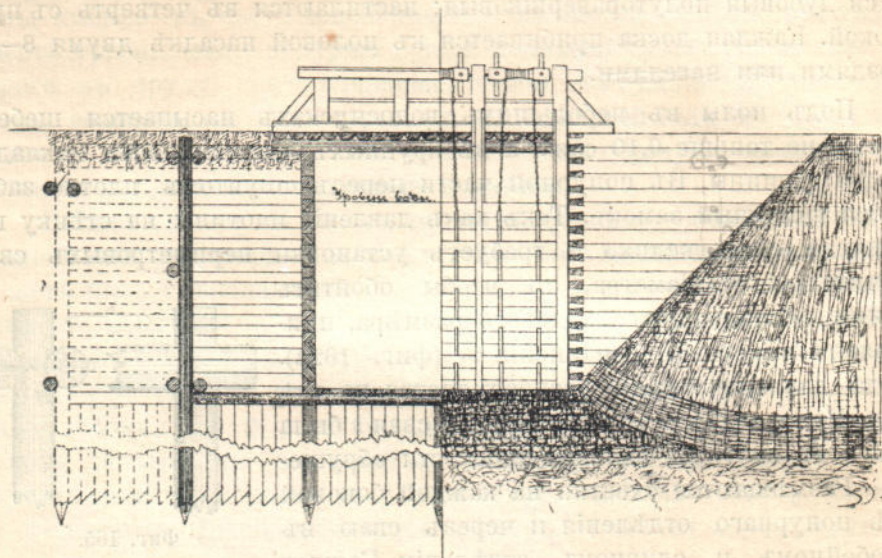
Впереди понурнаго пола въ грунтъ на глубину 0,50 саж. опускается стѣнка изъ пластинъ и продолжается въ откосныя крылья. То же дѣлается и ниже сливнаго пола.

Плотина передъ входомъ въ водоспускъ обдѣляется конусами съ одинарнымъ откосомъ.

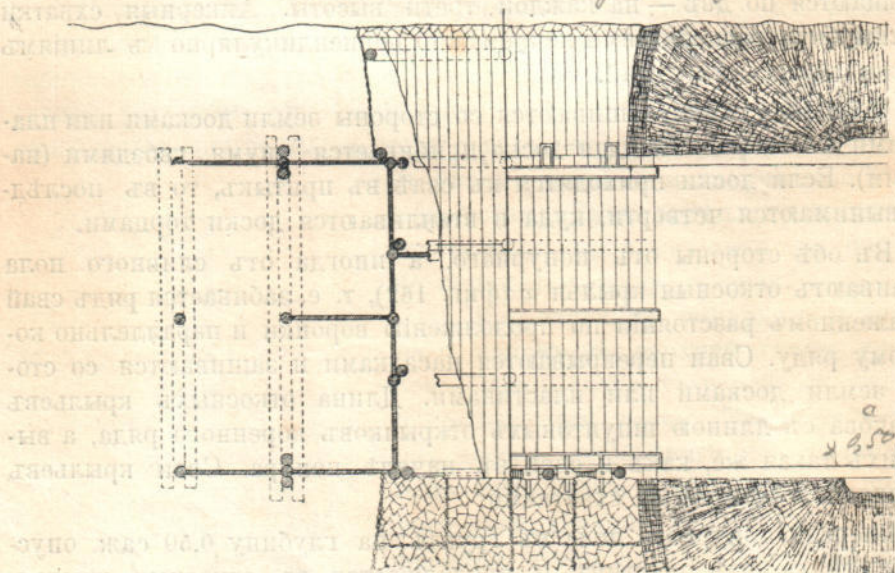
Всѣ части водоспуска должны быть тщательно проконопачены и осмолены за два раза.



Ряжевые водоспуски устраиваются на основаніи изъ шпунтовыхъ свай. Сначала пробиваются шпунтовые ряды: первый по линіи фак-



Фиг. 166a.



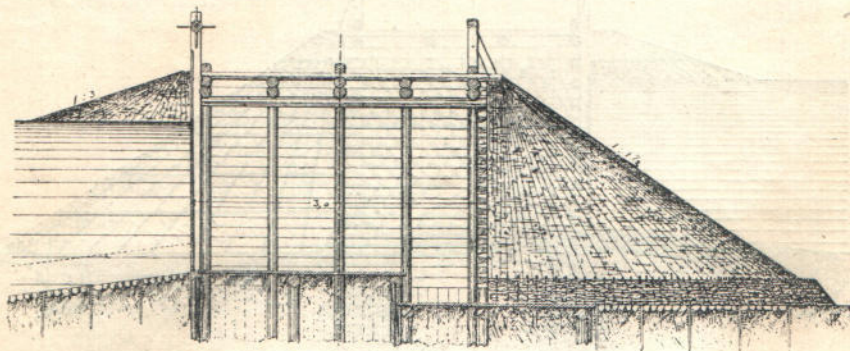
Фиг. 166b.

баума, второй по границѣ водобойнаго и сливного половъ, затѣмъ третій подъ наружною бровкой параллельный первому, четвертый — посрединѣ и поперечные—подъ стѣнами (фиг. 166). Сваи маячныя



и шпунтовые перекрываются насадками, на которыхъ нижнимъ вѣнцомъ сажаются ряжевые срубы. *Иван*

Ряжи рубятся изъ четырехвершковыхъ дубовыхъ бревенъ въ лапу съ кореннымъ шипомъ. Вѣнды тщательно припазовываются (безъ малѣйшей щели) и соединяются вставными шипами. Бревна ряжей должны идти по всей длинѣ, ватерпасно, а стыкъ одного ряда долженъ перекрываться слѣдующимъ цѣльнымъ бревномъ. Для большей прочности стѣнки ряжей соединяются анкерными схватками внизу, на серединѣ и наверху. Черезъ каждые три вѣнца бревна прикрѣпляются болтами къ анкернымъ сваямъ, забитымъ внутри ряжей. *Иван*



Фиг. 166с.

Одновременно съ укладкою вѣнцовъ производится ихъ конопатка съ осмолкою за два раза, какъ внутри, такъ и снаружи.

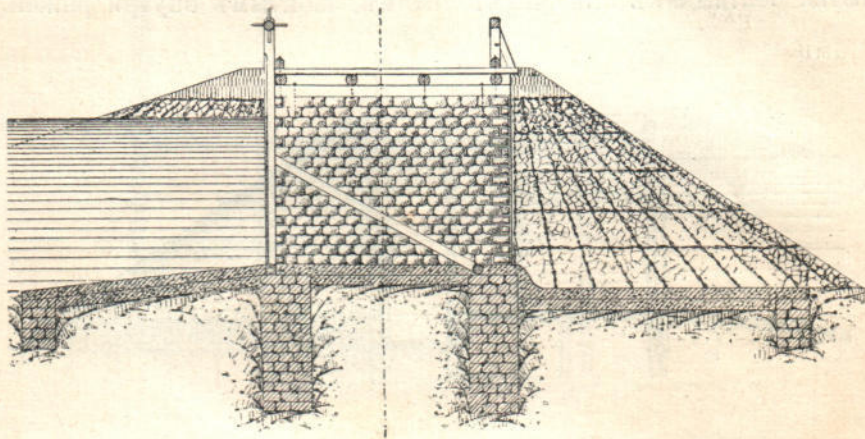
Вслѣдъ за этимъ ряжи засыпаются землею, а вдоль стѣнъ накладывается на ширину около аршина навозъ, перемѣшанный съ легкой землею, и все тщательно трамбуется.

Наружные ряжи имѣютъ высоту на 0,15 с. ниже гребня плотины, а средніе—до горизонта воды въ напорѣ. Сверху ряжи заканчиваются насадками, на которыхъ укрѣпляются прогоны моста. Откосныхъ крыльевъ ряжевые водоспуски не имѣютъ, но открылки продолжаютъ въ обѣ стороны на длину, равную ширинѣ отверстія. Понурный полъ дѣлается изъ каменной мостовой въ плетняхъ, а конуса у входа дернются и оплетаются плетнями по основанію. Сливной полъ частью дѣлается изъ досокъ, а затѣмъ продолжается мощеніемъ. Ряжевые водоспуски требуютъ матеріала менѣе длиннаго, чѣмъ предыдущіе—дощатые, но зато они не такъ прочны; главное ихъ примѣненіе тамъ, гдѣ, по условіямъ грунта, забивка свай является невозможною. Въ такомъ случаѣ, по тѣмъ линіямъ, гдѣ должны быть шпунты, роются рвы глубиною не только до материка, но и врѣзываясь въ него. Въ эти рвы закладываются срубы и на эти основные ряды нарубаютъ лапой (сковороднемъ) продольныя связи. Подъ середину и подъ стыки этихъ связей полезно поставить стулья черезъ каждыя 2 саж., чтобы



середина бревенъ не провисала. На продольныя связи на рубаютъ въ полдерева поперечины не дальше, какъ черезъ 1 саж. одна отъ другой. Бревна должны быть правильно по всей длинѣ притесаны и должны лежать совершенно ватерпасно. Къ поперечинамъ прибиваются доски флутбета и съ этой же высоты поднимаются обыкновенной рубкой стѣны ряжей.

Каменные водоспуски возводятся на плотномъ надежномъ грунтѣ. Прежде всего подъ всѣми очертаніями стѣнъ, подъ плечами и по линиямъ поперечныхъ рядовъ роются фундаментные рвы. Такъ какъ тя-



Фиг. 167а.

жесть каменнаго водоспуска очень велика, то фундаментъ долженъ быть заложенъ глубоко въ прочномъ материкѣ (фиг. 167), ширина рвовъ подъ основаніями стѣнъ дѣлается въ подошвѣ въ 1 саж., а подъ основаніями плечей въ 0,50 с. Чѣмъ длиннѣе плечи, тѣмъ лучше, но короче, чѣмъ ширина отверстія, ихъ дѣлать не слѣдуетъ.

Толщина стѣнъ по верху должна быть не меньше 0,50 с., а по мѣрѣ приближенія къ основанію толщина эта увеличивается горизонтальными уступами, уширяющимися по 0,10 с., при чемъ уменьшеніе толщины въ одномъ и томъ же горизонтальномъ сѣченіи достигается трапецидальною формою въ планѣ.

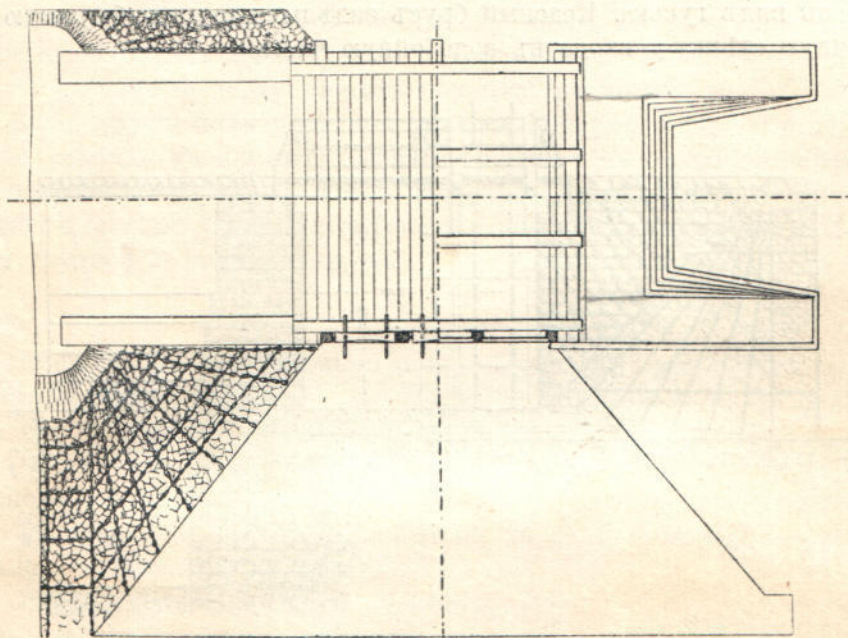
Поперечныхъ стѣнокъ въ каменныхъ водоспускахъ четыре; двѣ изъ нихъ — подъ водобойною частью, соотвѣтствуютъ шпунтовымъ стѣнкамъ деревянныхъ водоспусковъ. Стѣнки эти дѣлаются толщиною въ 0,50 саж. и глубиною въ 1 саж. Другія двѣ стѣнки предъ входомъ въ понуръ и по выходѣ изъ сливной части дѣлаются легче — толщиною въ 0,30 саж. и глубиною въ 0,66 саж.

Камень долженъ быть плотный, однообразнаго строенія, безъ трещинъ и не вывѣтрившійся. Первый рядъ фундамента бутится насухо; для него выбираются самые крупные и постелистые камни. Укладываются они какъ можно плотнѣе и промежутки между ними



тщательно расщебениваются. Сначала верстаются камни крайніе, а потомъ заполняется середина. Послѣ хорошей утрамбовки ряда онъ до тѣхъ поръ заливается жидкимъ растворомъ, пока растворъ не начнетъ выступать изъ швовъ.

Фундаменты, а также и поперечныя стѣны, словомъ, всѣ подземныя части водоспуска могутъ выполняться и изъ бетона такъ же, какъ въ водосливахъ. Стѣны выводятся изъ камня на гидравлическомъ



Фиг. 167b.

растворъ въ составѣ 1 цем. + 2 песка; въ мѣстахъ же выше горизонта воды растворъ берется болѣе тощимъ — съ содержаніемъ песка до 3 частей. Кладка ведется подъ лопатку. Сначала навестываютъ крупные камни по периметру стѣны, чередуя ложки съ тычками, затѣмъ камни подливаются съ соблюденіемъ перевязки швовъ, при чемъ послѣдніе должны быть возможно тоньше.

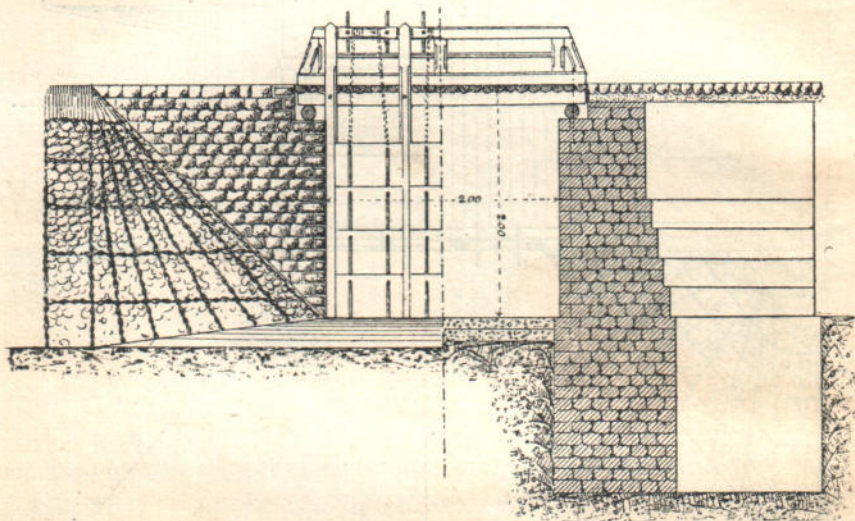
Когда крайніе по очертанію стѣны камни подлиты, въ середину наливаютъ растворъ, въ него (въ сокъ) сажаютъ камни и осаживаютъ ихъ молотками, а пустоты расщебениваютъ. Не слѣдуетъ допускать, чтобы каменщики сглаживали растворъ лопаткой и чтобы камни укладывались насухо, а потомъ проливались растворомъ. Кладку надо стараться вести горизонтальными рядами и камни опускать болѣе широкою выровненной поверхностью, чтобы внутри не было пустотъ. Никогда не слѣдуетъ ставить камень на ребро.



Если камень шатается под ногами, его надо или удалить, или подбить мелким камнем съ растворомъ.

На лицевую сторону стѣнъ обыкновенно употребляютъ камень лучшаго качества, при чемъ его вытесываютъ въ рамку, а швы расшиваютъ.

Полъ дѣлается изъ бетона. Для этого набивается слой щебня, а на него накладывается и бетонная покрывка въ 0,10 саж. Перепадъ между водобойнымъ и сливнымъ полами выполняется полого въ видѣ гуська. Красный брусъ задѣливается въ бетонную поперечную стѣнку у входа въ водобойную часть.



Фиг. 167с.

Полъ устраивается также и изъ желѣзо-бетона. Для желѣзо-бетонныхъ работъ желѣзо берется мягкое, очищенное отъ грязи, жира, окраски и ржавчины. Концы желѣзныхъ прутьевъ продольной арматуры должны быть загнуты крючками, длиною не менѣ тройной толщины прута. Если продольные прутья приходится сращивать, то концы прутьевъ соединяются въ нахлестку, съ напускомъ концовъ не менѣ, какъ на 24 діаметра, и обматываются по спирали вязальной проволокою. Количество стыковъ должно быть возможно меньшее и на одномъ поперечномъ сѣченіи не должно быть болѣе одного стыка. Путья поперечной арматуры укладываются на взаимныхъ разстояніяхъ не больше 0,15 саж. Прежде набивки бетона, арматура тщательно покрывается растворомъ изъ чистаго цемента. Слой бетона, покрывающій арматуру, долженъ быть не меньше 0,01 саж.; содержаніе въ бетонѣ цемента должно быть таково, чтобы на 1 куб. саж. утрамбованнаго бетона было затрачено цемента около 200 пуд., а отношеніе песка къ гравію (или щебню) берется какъ 1 : 2. Бетонъ укла-



дывается слоями, не толще 0,05 саж. Въ жаркіе дни принимаются мѣры противъ сухости воздуха. При температурѣ ниже 0° набивка бетона не допускается. II см

Открывать дѣйствіе желѣзо-бетоннаго водоспуска можно спустя около мѣсяца послѣ окончанія работы, такъ какъ къ этому времени можно уже считать бетонъ достаточно окрѣпшимъ и пріобрѣвшимъ необходимую для сооруженія прочность. Когда стѣны кладкою будутъ доведены до верха, то къ нимъ примыкаетъ насыпь плотины съ засыпкою и утрамбовкою земли за стѣною, при чемъ плечи плотины у отверстія обдѣлываются конусами и укрѣпляются камнемъ въ плетняхъ, а на самомъ верху засыпка покрывается мостовою.

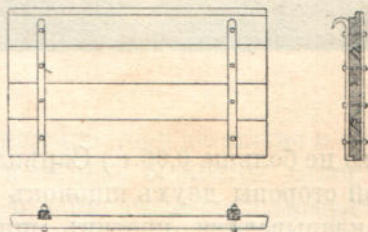
Если грунтъ подъ плотиною слабый, илистый и было бы не безопасно строить на немъ тяжелое сооруженіе, то лучше отказаться отъ устройства въ такомъ мѣстѣ водоспуска, такъ какъ постройка на ростверкѣ, а тѣмъ болѣе на опускныхъ колодцахъ—дѣло очень дорогое и трудное по исполненію. IV

Отверстіе водоспуска закрывается щитами, которые прислоняются къ вертикальнымъ стойкамъ, укрѣпляемымъ нижнимъ концомъ въ красномъ брусѣ и приболченнымъ къ мостовому прогону.

Обыкновенно на стойки (называемыя также бѣлоногами) берутъ бревна не тоньше 6 вершковъ и отесываютъ ихъ на три канта, затѣмъ въ передней сторонѣ, обращенной къ водѣ, отбираютъ четверть глубиною и шириною по 0,03 с.

Стойки устанавливаются на мѣста прежде настилки половъ, для чего по красному брусу отбиваютъ посрединѣ черту, которая должна соответствовать линіи задней поверхности щитовъ. Размѣтивъ потомъ мѣста стоекъ, вынимаютъ въ брусѣ гнѣзда такъ, чтобы лицо четверти стойки строго совпало съ осью порога. Пригнавъ шипы по гнѣздамъ, устанавливаютъ стойки по отвѣсу, а затѣмъ къ верхнимъ ихъ частямъ придвигаютъ прогонъ моста, къ которому стойки и прибалчиваютъ. Кромѣ шиповъ слѣдуетъ стойки скрѣпить съ краснымъ брусомъ угольниками изъ полосового желѣза.

Если столбъ подпертой воды великъ и стойка выходитъ ненадежною, то ее укрѣпляютъ подкосомъ, упирая его шипомъ въ пологую насадку и укрѣпляя накладками или ершами. По мѣрѣ возможности слѣдуетъ избѣгать такихъ упорковъ, потому что мало-мальски неправильное причерчиваніе пологого настила около этихъ частей легко вызываетъ протеканіе воды подъ полъ.



Фиг. 168.



Въ каменныхъ водоспускахъ вмѣсто боковой деревянной стойки къ четверти стѣны прикрѣпляютъ желѣзную полосу, шириною въ 2—3 дюйма, а толщиною въ  $1\frac{1}{2}$  дюйма, по которой скользятъ затворы.

Щиты (фиг. 168) дѣлаются изъ дубовыхъ двухдюймовыхъ досокъ, сплоченныхъ въ шпунтъ или въ закрой, высотой въ 4 доски, а дли-



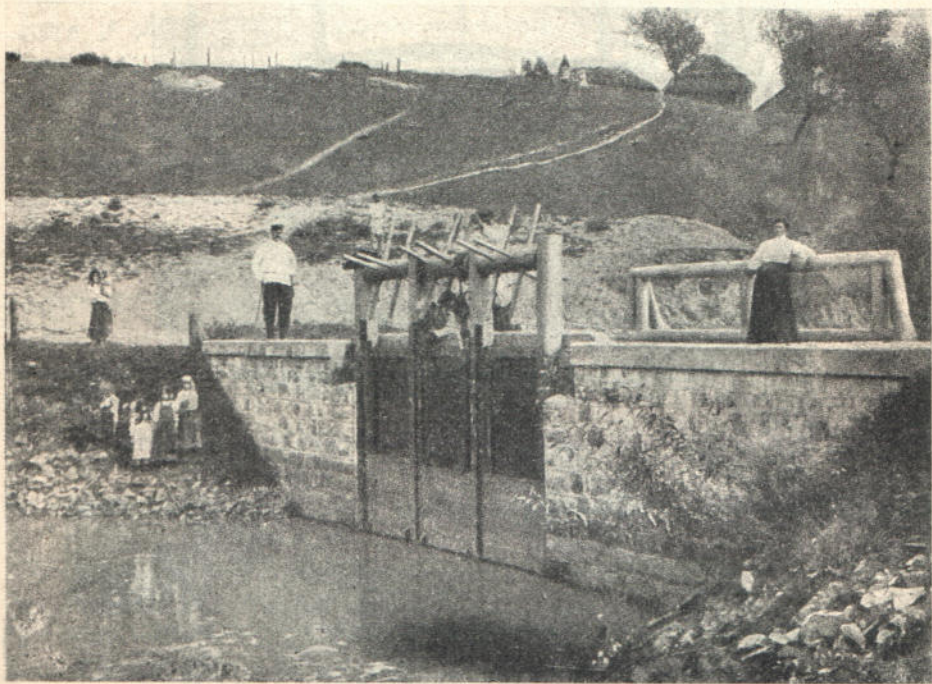
Фиг. 169.

ною не больше 0,60 с.) Скрѣпленіе досокъ дѣлается зарѣзкою съ наружной стороны двухъ шпонокъ (шпугъ), а на лицевую сторону (отъ воды) накладываются противъ шпонокъ желѣзныя полосы, загнутыя въ крючокъ для подъема щита. Сквозь эти накладки, сквозь доски и сквозь шпонки пропускаются болты по одному на каждую доску. Щиты между стойками ставятся одинъ на другой, для чего въ верхней и нижней кромкѣ каждаго изъ нихъ отбирается четверть, кромѣ самого нижняго щита, у котораго кромка дѣлается ровною. Число щитовъ въ пролетѣ (между одною и другою стойкою) дѣлается въ зависимости отъ высоты столба подпертой въ прудѣ воды, при чемъ верхняя кромка верхняго щита всегда находится на высотѣ горизонта напора и на 0,50 саж. ниже гребня плотины (фиг. 169, 170, 171).

\*) Щитовъ большого размѣра надо избѣгать въ виду трудности управленія ими.



Щиты поднимаются цѣпиями посредствомъ ворота. Для этого берутся кругляки вершковъ пяти толщиною. Въ торцы ихъ по оси вставляютъ желѣзные шипы въ 1 дюймъ въ діаметръ и дюймовъ 7—8 длины. Въ щитовыхъ стойкахъ врѣзаютъ желѣзные втулки, въ которыя, какъ въ подшипники, вкладываются шипы валовъ;



Фиг. 170.

послѣдніе при этомъ должны лежать совершенно горизонтально и параллельно щитамъ, на высотѣ отъ помоста въ 0,50 с. Концы валовъ оковываются желѣзными кольцами, а близъ концовъ продавливаютъ по двѣ дыры, въ которыя вставляютъ по двѣ ручки. На каждый валъ наворачиваютъ по двѣ цѣпи съ кольцами на концахъ. Оба конца цѣпи должны быть совершенно одинаковой длины и должны наматываться ровно, чтобы щитъ не перекашивался.

Щиты, какъ и вообще деревянныя части, конопатятся и осмаливаются. Конопатка дѣлается прядями пеньки или пакли, напитанными жидкою горячею смолою. Осмолка же производится жидкою древесною смолою, переваренною съ каменно-угольною.

Смола должна быть сварена въ пору, т. е. когда она быстро высыхаетъ и не липнетъ къ рукамъ; излишне переваренная смола мало впитывается въ дерево и отскакиваетъ, а сырая, недоваренная — не прочна.





Фиг. 171.

Устройство водоспуска закапывается сооруженіемъ моста и забивкою льдоудержательныхъ свай впереди отверстія. Чѣмъ сильнѣе напоръ льда, тѣмъ прочнѣе должна быть оборонная линія. Въ этомъ случаѣ сваи забиваются въ два параллельныхъ ряда въ шахматномъ порядкѣ; такъ что если напоръ льда проломитъ одну линію, то ко второй ледъ подойдетъ уже съ значительно меньшею силою и здѣсь задержится. Наконецъ, для усиленія обороны забиваются кустовыя сваи (по 3 въ кустѣ) и схватываются бугелемъ и болтами (фиг. 172).

#### Уходъ за водохранилищемъ.

Всякое даже самое простое сооруженіе, когда оно окончено, требуетъ наблюденія, ухода и ремонта. Это въ особенности относится къ сооруженіямъ гидротехническимъ; въ нихъ малѣйшее поврежденіе становится опаснымъ, если не будутъ приняты своевременно соотвѣт-



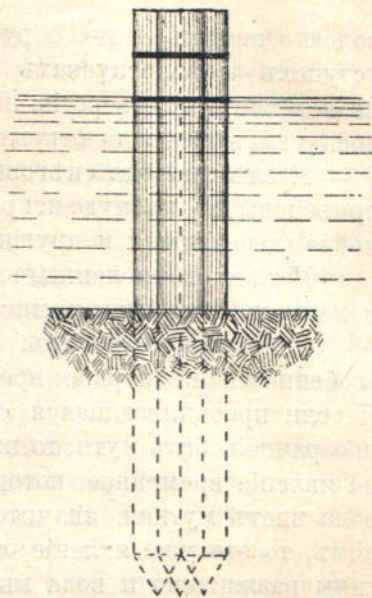
ствующія мѣры. Поэтому сооруженія всегда должны быть въ полномъ порядкѣ.

Въ новыхъ плотинахъ по мѣрѣ усадки надо подсыпать гребень до проектной высоты. Появляющіяся трещины должны быть немедленно залиты жидкимъ растворомъ глины съ навозомъ и затрамбованы; также надо забивать трещины у соединеній земляной насыпи съ деревянными и каменными частями водоспусковъ и водосливовъ.

Надо держать въ исправности укрѣпленія откосовъ и не позволять подѣзжать къ водѣ съ плотины.

Всѣ деревянныя части, не имѣющія постояннаго соприкосновенія съ водой, слѣдуетъ просмаливать разъ въ годъ горячею смолою, а щели законопачивать смоленою паклею.

Передъ проходомъ весеннихъ водъ



Фиг. 172.



Фиг. 173.

надо принять заблаговременно мѣры предосторожности и облегчить водѣ свободный выходъ, для чего на всѣхъ соприкасающихся съ



водою частяхъ надо обрубить ледъ; въ водосливныхъ каналахъ, уступахъ и водоспускахъ надо сдѣлать расчистку снѣга, хотя и не на всю ширину отверстія, но обязательно на полную глубину. Въ водоспускахъ же надо открыть щиты на весь пролетъ (фиг. 173).

Послѣ прохода снѣговыхъ или ливневыхъ водъ должны быть приведены въ полную исправность дно, откосы, уступы, плетни, дерновка, деревянные и другія укрѣпленія.

Изъ многочисленныхъ поврежденій въ плотинахъ главнѣйшими и наиболѣе встрѣчающимися являются *просачиваніе, подмывъ и прорывъ*.

Если напоръ великъ, то просачиваніе сквозь тѣло плотины, въ особенности въ первое время послѣ ея постройки, явленіе обычное. И если просачивающаяся струя не увеличивается и вода выходитъ прозрачная, безъ мути, то на такое просачиваніе можно смотрѣть какъ на явленіе временное, которое должно вскорѣ прекратиться. Если же вода идетъ мутная, значительною струею или сильно бьющимъ ключомъ, то это уже явленіе опасное, указывающее на то, что тѣло плотины разжижено и вода въ ней дѣлаетъ ходъ.

Для отысканія мѣста просачиванія выбираютъ время, когда вода въ прудѣ находится въ покоѣ, т. е. когда нѣтъ теченія въ водоспускѣ и когда нѣтъ волненія отъ вѣтра. Вдоль всей плотины сыплютъ въ воду древесные опилки или мелкій сухой конскій навозъ. Опилки и навозъ, постепенно намокая, медленно и спокойно опускаются на дно; въ той же части плотины, гдѣ должно быть просачиваніе, опилки и частицы навоза уносятся теченіемъ и направляются къ одной точкѣ. Найдя такимъ образомъ мѣсто просачиванія, сыплютъ около него въ воду уже крупный коровій навозъ и затѣмъ суглинистую землю, пока фильтрація замѣтно не ослабѣетъ.

Просачиваніе по шву земляной присыпки, прилегающей къ деревяннымъ или каменнымъ стѣнкамъ, устраняется подсыпкой свѣжей, хорошо перемятой глины съ пескомъ и тщательнымъ трамбованіемъ.

Если будетъ слышаться журчаніе или течъ подъ полами водоспуска, то надо въ полу плотничнымъ буравомъ пробуровать дыры и желѣзнымъ прутомъ удостовѣриться, въ какомъ положеніи находится загрузка подъ полами, и если окажутся вымоины и пустоты, то доски срываютъ и дѣлаютъ засыпку подполья, а пробурованные дыры по настилкѣ пола заколачиваются деревянными нагелями. II 504

*Подмывы* выражаются тѣмъ, что проходящая съ большою скоростью черезъ водоспускъ вода роетъ около него ямы опасныя какъ для отверстія, такъ слѣдовательно и для всей плотины. Происходятъ подмывы отъ небрежности при управленіи водой, главнымъ же образомъ отъ продолжительныхъ и усиленныхъ ея выпусковъ.

Въ томъ случаѣ, когда подмывъ уже начался, но сваи и шпунтовые ряды держатся еще прочно, надо открыть все отверстіе водоспуска, чтобы произвести усиленный выпускъ. Это въ особенности



нужно, когда вода быстро прибываетъ и когда подъ руками нѣтъ въ данный моментъ ни матеріаловъ для загрузки ямы подмыва, ни рабочихъ. Если же сваи уже качаются и когда слѣдовательно яма подмыва углубилась до остріевъ свай, надо закрыть водоспускъ, а въ ямы и выбоины къ сваямъ и шпунтовымъ линіямъ укладывать кули (или мѣшки) съ землею; просто землю сыпать не слѣдуетъ, такъ какъ ее сноситъ вода, кулями же зажимаются концы свай, а между ними набрасываютъ снопы, хворостъ, навозъ, куски дерна и землю. Наложивъ такъ нѣсколько рядовъ, открываютъ водоспускъ и пускаютъ воду; спустя нѣкоторое время опять закрываютъ отверстіе, вновь забрасываютъ яму кулями и повторяютъ это до полной прочности свай и прекращенія ихъ шатанія.

*Прорывы*, т. е. выносы изъ тѣла плотины земли и образованіе въ ней сквозныхъ отверстій, происходятъ главнымъ образомъ отъ того, что вода, переполнивъ прудъ, переливается затѣмъ черезъ гребень плотины. Причины столь опаснаго явленія заключаются, во-первыхъ, въ недостаточныхъ размѣрахъ отверстій водоспуска или водослива; во-вторыхъ, въ разрушеніи низового откоса и слѣдовательно въ уменьшеніи толщины тѣла плотины; въ третьихъ, въ небрежномъ содержаніи гребня, если, напр., черезъ него поперекъ плотины сдѣлана ложбина или канава. Послѣднее ни подъ какимъ видомъ не должно быть допускаемо, хотя бы вода сильно прибывала и угрожала переливомъ. Прежде всего надо защитить гребень; для этого по бровкѣ, обращенной къ водѣ, надо уложить вдоль всей плотины ряда въ 2—3 одинъ на другой кули съ землею и пескомъ или же проложить ряды бревенъ по тому же краю верхового откоса. Эта толщина бревенъ или кулевыхъ рядовъ увеличить высоту плотины и слѣдовательно емкость пруда.

Само собою разумѣется, что въ это время водоспускъ долженъ быть открытъ на весь пролетъ.

Если прорывъ уже образовался, то онъ также забрасывается кулями, а затѣмъ навозомъ и глинистою землею, но отнюдь не забивается сухимъ хворостомъ, соломою, мерзлыми комьями земли или камнемъ. *Прудъ*

Кромѣ наблюденій за цѣлостію плотины, необходимъ еще постоянный надзоръ и уходъ за водою въ прудѣ. Такъ, нельзя допускать сваливать на берегахъ водохранилища навозъ и отбросы, которые снѣговыми или дождевыми водами сносятся въ прудъ и загрязняютъ его. Кругомъ водохранилища слѣдуетъ оставить не распаханною полосу сажень въ 10 шириною, а за этою полосою распахку надо вести поперекъ, а не вдоль склона, чтобы предупредить образованіе водоройнъ, по которымъ будутъ сноситься съ полей землистыя частицы. Съ этою же цѣлью со стороны огородовъ и крутыхъ склоновъ водохранилище надо окапывать рвами, обносить низкими валами или



плетнями. Въ тѣхъ же самыхъ соображеніяхъ нужно не только оберегать существующую на склонахъ растительность, но также и прибрежную полосу слѣдуетъ обсаживать деревьями и кустами.

Въ прудахъ надо безусловно запрещать мочку льна и конопли, которая не только грязнитъ воду и сообщаетъ ей непріятный запахъ, но и дѣлаетъ ее вредною для животныхъ и человѣка. Очень хорошо разводить въ прудахъ рыбу; она уничтожаетъ червей, освѣжаетъ и очищаетъ воду процессами дыханія и вообще усиливаетъ ея циркуляцію. Зимой надо дѣлать возможно больше прорубей, иначе вода дѣлается затхлою и въ ней задыхается рыба. Само собою разумѣется, что если изъ пруда берутъ воду для питья, то въ немъ нельзя стирать бѣлье и пускать въ него скотъ.

Время отъ времени пруды необходимо подвергать чисткѣ. За границей (въ Женевѣ) дѣлались опыты по части оздоровленія прудовой воды съ разсыпкой по поверхности пруда марганцево-кислаго калия или съ поливкою пруда известковымъ молокомъ. Опыты эти заслуживаютъ полнаго вниманія, хотя указанными средствами надо пользоваться съ осторожностью, такъ какъ избытокъ марганцево-кислаго калия или извести вредно дѣйствуетъ на рыбъ. Главный и наиболѣе радикальный способъ очистки пруда заключается въ вынутіи слоя ила послѣ спуска воды. Съ этою цѣлью въ плотинѣ дѣлается прорывъ, вода спускается и, когда илъ достаточно просохнетъ, его вынимаютъ и отвозятъ изъ водохранилища.

Это надо дѣлать осторожно, чтобы не обнажить дна водохранилища, которое даетъ большія трещины и будетъ сильно фильтровать. Выемку ила надо дѣлать съ пятерными откосами и отступая отъ очертанія откосовъ двухсаженною бермою.

По окончаніи очистки прорывъ тщательно задѣлывается глиною. Попутно, пользуясь случаемъ, исправляется верховой откосъ плотины, его укрѣпленіе и подводныя части выпускныхъ отверстій. Въмѣсто глиняной задѣлки въ прорывѣ можетъ быть примѣнена шпунтовая стѣнка.

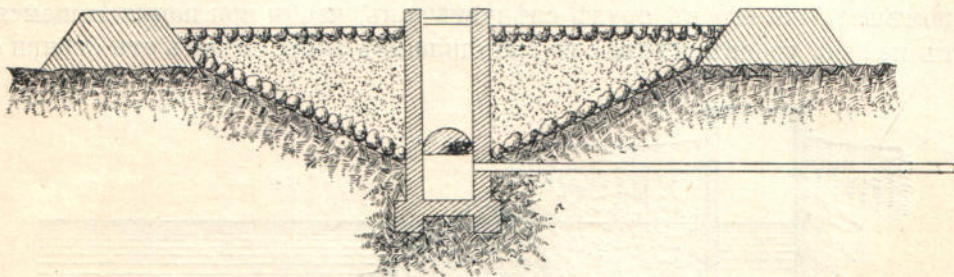
Къ числу водохранилищъ относятся еще *водосборныя цистерны*, устраиваемыя въ южныхъ засушливыхъ открытыхъ мѣстахъ.

Въ намѣченномъ пунктѣ роется воронкообразная яма (въ формѣ опрокинутой четырехугольной пирамиды) глубиною въ центрѣ въ  $1\frac{1}{2}$  саж., при этомъ грунтъ долженъ быть глинистый. Вынутая земля складывается вокругъ ямы плотно стробованнымъ валомъ, высотой въ  $\frac{1}{2}$  саж. (фиг. 174). Этотъ валъ отчасти является продолженіемъ ямы, увеличивая ея емкость, отчасти — предохраняетъ цистерну отъ загрязненія стекающими поверхностными водами. На стѣнки воронки намазывается жирная глина, толщиною не меньше 0,06 саж., а на днѣ ея устраивается бетонный резервуаръ, емкостью около 1 куб. саж. съ отверстиями въ стѣнкахъ, перекрытый сводикомъ, имѣющимъ лазъ. Резервуаръ продолжается вверхъ бетоннымъ же колодезѣмъ, діаметромъ въ 0,50 саж., съ желѣзными задѣланными въ бетонъ скобами для лазанія. Сверху колодезь закрывается деревянною крышкою. Вся цистерна выкладывается по стѣнкамъ (внутри) камнемъ насухо, снизу — болѣе крупнымъ, а



чѣмъ выше тѣмъ мельче. Затѣмъ дѣлается засыпка цистерны пескомъ также различной крупности, именно, внизу крупнымъ, наверху — мелкимъ. Поверхность цистерны покрывается камнемъ съ цѣлью предохранить песокъ отъ раздуванія его вѣтромъ. Наконецъ, водохранилище должно быть огорожено отъ скота.

Вода атмосферныхъ осадковъ и подземной росы, набирающаяся въ цистернѣ, стекаетъ по ея стѣнкамъ въ бетонный резервуаръ и отсюда или извлекается насосомъ, или по желѣзной трубкѣ выводится къ разборному крану.



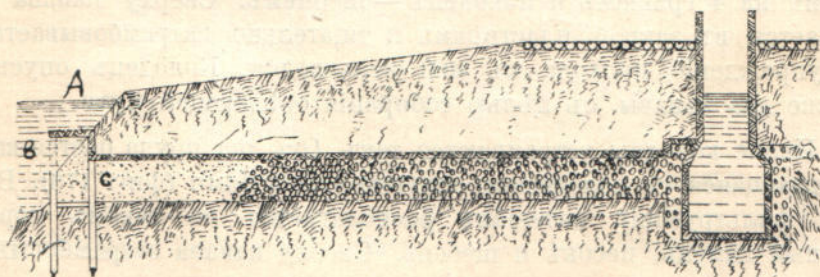
Фиг. 174.

Количество воды, собирающейся въ цистернѣ, опредѣляется объемомъ сыпучаго ея заполнения (камень и песокъ), принимая, что сумма всѣхъ пустотъ между отдѣльными песчинками заполняемыхъ водою равна  $\frac{1}{4}$  объема. Для сужденія же о томъ, какое количество атмосферной воды можетъ получить цистерна въ годъ, надо годовое количество осадковъ умножить на 0,37 (на количество ведеръ, соответствующее 1 миллиметру осадковъ на 1 кв. саж.) — и умножить затѣмъ на площадь цистерны въ квадратныхъ саженяхъ.

Очень важно, чтобы вода была въ цистернѣ возможно глубже подъ поверхностью почвы, тогда она получается болѣе чистою и лучше сохраняется отъ порчи.

### Прудовые колодцы.

Вода изъ прудовъ можетъ быть употребляема въ качествѣ питьевой только въ томъ случаѣ, если она пропущена черезъ особаго



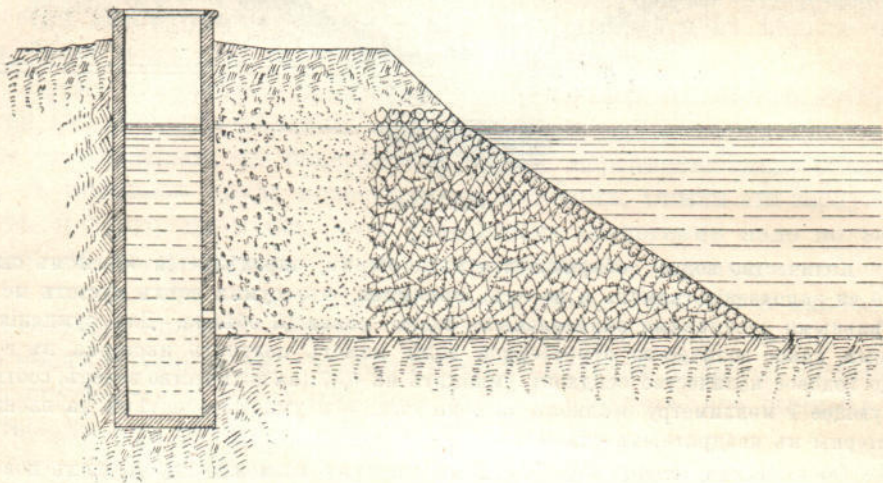
Фиг. 175.

устройства фильтръ въ прудовой колодець, при чемъ грунтъ подпочвы долженъ быть водоупорнымъ.

Устройство прудового колодца состоитъ въ слѣдующемъ:



Въ пологомъ берегу пруда устраивается приѣмникъ *A* (фиг. 175), для чего забиваются квадратомъ 4 сваи въ разстояніи 0,50 с. одна отъ другой; въ нихъ врубается поперечины, на которыя настиляется полъ, а сверху на насадкахъ настиляется крыша; бока зашиваются пластинами въ закрой, при чемъ остается не зашитою только часть стѣнки *b* да въ стѣнкѣ *c* оставляются между пластинами маленькіе прозоры. Весь приѣмникъ дѣлается глубиною около одной сажени помѣщать же его въ прудѣ слѣдуетъ такъ, чтобы при понижающемся въ межень уровнѣ стѣнка *c* не выходила изъ воды. Затѣмъ отъ стѣнки *c*



Фиг. 176.

роется траншея, шириною въ 0,50 с., а длиною не менѣе 5 с. Лучше траншею по дну и стѣнкамъ обдѣлывать досками. Приѣмникъ затѣмъ засыпается мелкимъ рѣчнымъ пескомъ, первая часть канавы сажени на  $1\frac{1}{2}$  засыпается прокаленнымъ пескомъ средней величины, далѣе—сажени на 4 гравіемъ и наконецъ — щебнемъ. Сверху канава перекрывается въ закрой пластинами и тщательно затрамбовывается въ предупрежденіе подхода къ ней верховодки. Колодезь опускается глубже дна канавы, съ цѣлью собиранія осѣдающей мути.

Иначе колодцы устраиваются такъ. Отъ дна пруда роется канава, сообщающаяся съ колодезною шахтою отверстіями (фиг. 176). Въ канавѣ фильтрующий матеріалъ располагается въ такомъ порядкѣ: крупный камень, песокъ и щебень. Сверху канава затрамбовывается глиной.

Болѣе усовершенствованнымъ является слѣдующее устройство: въ берегу пруда ставится деревянный приѣмный ящикъ, сообщающійся съ прудомъ чугунною трубою, конецъ которой въ прудѣ снабженъ сѣткою, а въ приѣмникѣ другой конецъ имѣетъ задвижку.



При открытіи (сверху) задвижки вода изъ пруда по трубѣ проходитъ въ приѣмникъ и тамъ выливается въ ящики на фильтрующій матеріалъ, сначала на самый мелкій песокъ, затѣмъ на средній, наконецъ на крупный или на гравій (гальку, мелкій щебень). Ящики надо располагать одинъ надъ другимъ на 0,50 саж. каждый ниже, въ днѣ ящиковъ устраиваются отверстія съ сѣтками. Можно ящики ставить и рядомъ, но это хуже. Отъ послѣдняго, третьяго, ящика идетъ гончарная трубка въ прудовой колодець.



## Глава III.

### ОРОШЕНИЕ (ИРРИГАЦИЯ).

Растенія для своего развитія нуждаются въ водѣ; она такъ же необходима растенію, какъ и воздухъ. Въ почвѣ вода растворяетъ минеральныя вещества, которыя всасываются корнями растенія, проходятъ по его сосудамъ, поднимаются къ листьямъ, гдѣ подъ дѣйствіемъ солнца происходитъ испареніе. Такимъ образомъ, растеніе представляетъ собою живой насосъ, высасывающій воду изъ почвы и выпускающій ее въ воздухъ. Чѣмъ сильнѣе нагрѣваетъ солнце, тѣмъ энергичнѣе совершается циркуляція соковъ въ растеніи, тѣмъ оно быстрѣе и лучше развивается, и если воды въ почвѣ мало, растеніе начинаетъ страдать отъ жажды и завядаетъ, а затѣмъ при продолжающейся засухѣ наступаетъ его смерть. Въ свою очередь и земля, лишенная влаги, или превращается въ пыль, неспособную поддержать растеніе, или же твердѣетъ, образуя трудно поддающуюся рыхленію плотную массу, куда молодые корни не могутъ проникнуть; вотъ почему высота урожая опредѣляется прежде всего количествомъ почвенной воды, находящейся въ распоряженіи у растенія.

Почвенная вода имѣетъ своимъ началомъ атмосферныя осадки и главнымъ образомъ дождь; но дожди выпадаютъ далеко не всегда въ достаточномъ количествѣ и не всегда въ нужное для растеній время. Въ такихъ случаяхъ для полученія постоянныхъ урожаевъ является необходимымъ восполнить недостающее количество воды **орошеніемъ** (иначе ирригаціей), т. е. искусственнымъ поливомъ.

Значеніе ирригаціи для различныхъ мѣстъ различно. Въ странахъ съ жаркимъ и сухимъ климатомъ, гдѣ испареніе идетъ быстро, гдѣ количество выпадающаго въ вегетативный періодъ дождя незначительно и гдѣ все лѣто стоитъ засуха, тамъ безъ искусственнаго орошенія невозможна никакая культура; въ умѣренномъ же климатѣ орошеніе, съ одной стороны, способствуетъ поднятію урожайности, а



съ другой — является могущественнымъ средствомъ борьбы съ засухами, когда онѣ вызываются неравномѣрнымъ распредѣленіемъ осадковъ. Вообще въ мѣстахъ съ годовымъ количествомъ осадковъ менѣе 200 миллиметровъ искусственное орошеніе является безусловно необходимымъ; мѣста же съ осадками въ 500 миллиметровъ не нуждаются въ орошеніи, но при условіи равномѣрнаго распредѣленія дождей въ теченіе вегетаціоннаго періода. Слѣдовательно, повсюду, гдѣ годовое количество осадковъ колеблется въ предѣлахъ 400 и 200 миллиметровъ, орошеніе земель составляетъ одно изъ необходимыхъ условій для достиженія хозяйствомъ высшихъ степеней интенсивности. Только одно орошеніе можетъ поставить хозяйство внѣ зависимости отъ выпавшаго или невыпавшаго дождя, можетъ человѣка сдѣлать въ полномъ смыслѣ слова хозяиномъ своей земли, обезпечивая ему вѣрный урожай.

Начало искусственнаго орошенія надо искать въ глубокой древности; по всей вѣроятности, въ тѣ времена, за много вѣковъ до христіанской эры, когда кочевые народы постепенно переходили къ осѣдлой жизни, тѣсно связанной съ земледѣліемъ. Тѣ остатки оросительныхъ сооружений, которые кое-гдѣ сохранились отъ временъ сѣдой старины, невольно вызываютъ удивленіе искусству нашихъ предковъ собирать воду и управлять ею.

Не подлежитъ сомнѣнію, что орошеніе началось на востокѣ — въ Азій, оттуда оно перешло въ Египетъ, гдѣ достигло высокой степени совершенства. Какъ велико значеніе ирригаціи, видно изъ того, что упадокъ древнихъ культурныхъ странъ обусловливается главнымъ образомъ пренебреженіемъ къ водѣ. Цѣлые народы и государства погибали съ нашествіемъ варваровъ, разрушавшихъ оросительныя сооружения и этимъ превращавшихъ поля и сады въ пустыни. До сихъ поръ нѣкоторыя страны, какъ, на примѣръ, нашъ Мервскій оазисъ (въ Средней Азій), не могутъ возстановить орошеніе въ тѣхъ размѣрахъ, которыхъ оно достигало тамъ въ древности.

Общая площадь земель, орошаемыхъ въ настоящее время на земномъ шарѣ, около 50 миллионовъ десятинъ; и эти земли безъ искусственнаго орошенія были бы совершенно изъяты изъ области народнаго хозяйства.

Вся центрально-черноземная полоса Россіи подвержена періодическимъ недородамъ отъ засухъ и вообще страдаетъ отъ недостатка воды, чѣмъ дальше къ югу и юго-востоку лежитъ мѣсто, тѣмъ оно бѣднѣе водою.

Недостатокъ влаги особенно чувствителенъ въ степяхъ нашего юга. Снѣговой воды хватаетъ тамъ ненадолго, затѣмъ послѣ нѣсколькихъ весеннихъ дождей устанавливается продолжительная сушь, совершенно уничтожающая всякую растительность, и зачастую воды



недостаетъ не только для поддержанія жизни растенія, но и для домашняго обихода.

Само собою разумѣется, что урожай, зависящій отъ случайно выпавшаго дождя, дѣлаетъ всякіе предварительные расчеты земледѣльца гадательными и сельское хозяйство получаетъ характеръ рискованнаго предпріятія. А между тѣмъ въ такихъ сухихъ странахъ, какъ, напр., Египетъ, гдѣ орошеніе установилось вѣками и существуетъ неизмѣнно, гдѣ, слѣдовательно, на помощь сельскому хозяйству приходитъ гидротехника, тамъ урожай хлѣбовъ и травъ является почти постояннымъ, почти не измѣняющимся.

При всей очевидности пользы орошенія неизбежно возникаетъ вопросъ, не стоитъ ли орошеніе такъ дорого, что постоянство урожая въ не будетъ окупать первоначальныхъ затратъ на устройство оросительныхъ сооружений. Этотъ вопросъ можетъ быть разрѣшенъ не апіорными разсужденіями, а только и единственно данными опыта, но понятіе о дороговизнѣ есть понятіе условное; совершенно иное дѣло, если вопросъ ставится такъ: *стоитъ ли, выгодно ли* устраивать орошеніе? Разрѣшая эту, чисто бухгалтерскую, задачу, будемъ разсуждать такъ: предположивъ, что орошеніе повыситъ *средній* урожай только *вдвое*, приходимъ къ простому выводу, что устройство орошенія будетъ выгодно только тогда, если первоначальная стоимость его на одну десятину будетъ *не дороже цѣны этой одной десятины*, потому что *одна десятина* земли *орошаемой* дастъ такой же урожай, какъ *два десятины* земли *не орошаемой*. Взявъ стоимость десятины, напр., въ 200 руб., можемъ сказать, что орошеніе будетъ выгодно, если стоимость устройства его не превыситъ 200 руб. на десятину. При этомъ нельзя упускать изъ виду очень большой плюсъ, что на орошенныхъ земляхъ урожай станетъ постояннымъ, тогда какъ на землѣ не орошаемой неизбежны періодическіе недороды и полные неурожаи.

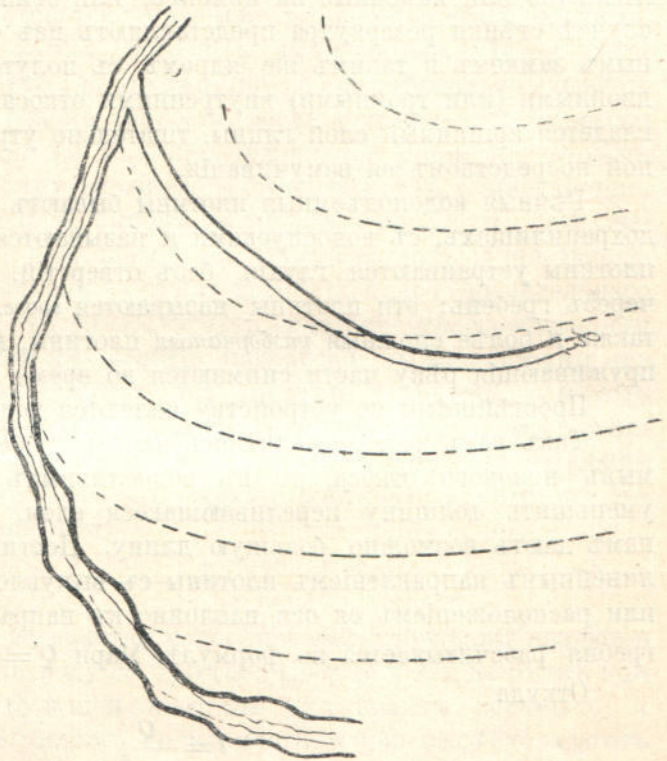
По имѣющимся свѣдѣніямъ оказывается, что стоимость первоначальныхъ затратъ на устройство орошенія равна *въ среднемъ* около 100 рублей на десятину, а ежегодный расходъ на поливку одной десятины обходится *въ среднемъ* отъ 5 до 15 рублей. Далѣе оказывается, что орошеніе поднимаетъ урожай *до 2 1/2 разъ* и, слѣдовательно, если будетъ орошена не вся площадь имѣнія, а только  $\frac{1}{10}$  его часть, то при самыхъ неблагоприятныхъ обстоятельствахъ, при полномъ неурожаѣ кругомъ, все же эта *орошенная часть* дастъ такую величину урожая, какъ если бы со всего имѣнія получилась  $\frac{1}{4}$  полного урожая (ибо  $2\frac{1}{2}$  отъ  $\frac{1}{10}$  равно  $\frac{1}{4}$ ), а этого уже вполне достаточно для сохраненія равновѣсія въ ходѣ сельскаго хозяйства. Такъ разрѣшается экономическій вопросъ. Огромная польза или *выгодность* орошенія выступаетъ съ особенною рельефностью въ годы неурожаевъ, когда получается поражающая разница въ сборѣ хлѣба съ орошаемыхъ и не орошаемыхъ земель.



## § 1. Отводъ воды изъ рѣкъ.

Самый простой способъ орошенія, когда вода изъ рѣки выводится каналомъ къ участку самотекомъ и тамъ разливается въ извѣстномъ порядкѣ. Для этого необходимо, чтобы орошаемая площадь была расположена ниже того пункта рѣки, съ какого выводится каналъ, и чтобы горизонтъ воды въ рѣкѣ былъ выше дна канала. Ведется каналъ съ уклономъ меньшимъ, чѣмъ уклонъ рѣки, тогда чѣмъ дальше,

тѣмъ каналъ пойдетъ выше надъ рѣкой (фиг. 177). Чѣмъ болѣе уклонъ имѣетъ рѣка и чѣмъ съ меньшимъ уклономъ ведется каналъ, тѣмъ болѣе площадь можно оросить этимъ способомъ. Къ сожалѣнію, большинство русскихъ рѣкъ имѣетъ очень слабый уклонъ, текутъ онѣ въ глубокихъ долинахъ, а колебаніе ихъ уровня выражается или многоверстнымъ разливомъ въ половодье, или полнымъ пересыханіемъ въ межень. При такихъ условіяхъ вывести воду изъ рѣки на мѣстность, распо-



Фиг. 177.

ложенную надъ рѣчною долиною, каналомъ небольшой длины является дѣломъ невозможнымъ, и поэтому у насъ въ Россіи въ большинствѣ случаевъ орошеніе совершается посредствомъ или механическихъ водоподъемниковъ, или примѣняя водоподъемныя плотины, чтобы уровень въ рѣкѣ былъ всегда выше дна канала.

Такъ какъ плотина, преграждая рѣку, производитъ подпоръ, то по дѣйствующимъ законамъ нельзя строить плотинъ на тѣхъ рѣкахъ и ручьяхъ, когда отъ перепруживанія заливаются чужія земли или подтапливаются мельничныя колеса.

Если орошаемый участокъ расположенъ вблизи рѣки на возвышенномъ ея берегу, то для выведенія на него воды примѣняются



водоподъемники — чигирь, норія или архимедовъ винтъ, когда мѣстность расположена невысоко, или — насосы, если мѣсто подачи воды значительно возвышается надъ рѣкою. Наиболѣе подходящимъ типомъ насосовъ являются центробѣжные насосы Гвинна 10—12 дюймовые, приводимые въ дѣйствіе обыкновеннымъ 10—12 сильнымъ локомотивомъ.

Поднятая вода накачивается въ пріемники или сборные резервуары на возвышенное мѣсто, откуда раздается по участку. Резервуары дѣлаются или каменные на цементѣ, или земляные. Въ послѣднемъ случаѣ стѣнки резервуара представляютъ изъ себя насыпи съ глинянымъ замкомъ и такимъ же ядромъ съ полуторными наружными и двойными (или тройными) внутренними откосами, на дно резервуара кладется аршинный слой глины, тщательно утрамбованной и заиленной посредствомъ ея взмучиванія.

Рѣчныя водоподъемныя плотины бываютъ такія же, какъ въ водохранилищахъ, съ водоспусками и называются *створчатыми*; или же плотины устраиваются глухія, безъ отверстій, и вода переливается черезъ гребень; эти плотины называются *водосливными*. Встрѣчаются также и болѣе сложныя *разборчатыя* плотины, въ которыхъ всѣ перепруживающія рѣку части снимаются во время ледохода.

Простѣйшими по устройству являются водосливныя плотины.

Такъ какъ вода, переливаясь черезъ гребень, производитъ подмывъ низового откоса, то въ водосливныхъ плотинахъ стараются уменьшить толщину переливающагося слоя, съ этой цѣлью плотинамъ даютъ возможно болѣе длину. Достигается это или криволинейнымъ направлениемъ плотины съ выпуклостью противъ течения, или расположениемъ ея оси наклонно къ направлению течения. Длина гребня рассчитывается по формулѣ Мари  $Q = m l x^{\frac{3}{2}}$

Откуда

$$l = \frac{Q}{mx^{\frac{3}{2}}}$$

гдѣ  $Q$ —расходъ рѣки,  $l$ —длина плотины,  $x$ —толщина слоя, а  $m$ —численный коэффициентъ, равный или 1,8 при узкомъ гребнѣ, или 1,6 при широкомъ.

Для предохраненія береговъ отъ размыва плечи плотины поднимаются надъ ея серединой.

Главное удобство водосливныхъ плотинъ заключается въ томъ, что онѣ не требуютъ за собою никакого ухода и управленія водою. Такъ какъ плотины этого типа вообще невысоки, то и давленіе воды на тѣло плотины невелико, потому и просачиваніе подъ основаніе такой плотины сравнительно слабо. Недостаткомъ этихъ плотинъ является то, что онѣ подпираютъ воду какъ при весеннемъ, такъ и при межени горизонтахъ, образуя затопленіе мѣстности.



Прежде постройки плотины производятся изысканія, состоящія въ сѣмкѣ рѣчной долины, нивелировкѣ ея продольной и поперечной, затѣмъ въ опредѣленіи расхода рѣки, какъ при самомъ низкомъ горизонтѣ, такъ и при самомъ высокомъ; наконецъ, дѣлають подробную развѣдку дна.

Лучшимъ грунтомъ для основанія плотины является плотный глинистый или скалистый, при отсутствіи въ послѣднемъ трещинъ и щелей; грунтовъ же илистыхъ, торфяниковъ и пльвуновъ надо избѣгать.

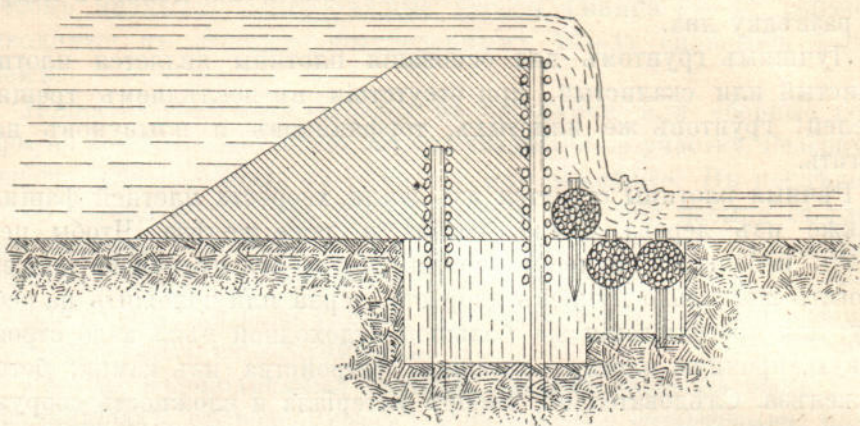
Рѣчныя плотины строятся изъ земли, хвороста, плетней фашинъ, а также изъ дерева, камня, бетона и даже желѣза. Чтобы перепрудить небольшой ручеекъ, достаточно забить нѣсколько кольевъ, набросать нѣсколько пучковъ хвороста, дерна или положить на ребро доску; для прегражденія же большой судоходной рѣки надо строить крѣпкую, прочную плотину сложнаго устройства изъ камня, бетона или желѣза. Слѣдовательно, выборъ матеріала и сложность сооруженія зависятъ какъ отъ величины и силы потока, такъ и отъ размѣровъ задачи. Для небольшого сельско-хозяйственнаго оросительнаго дѣла, въ плотинахъ стремятся достигнуть сочетанія цѣлесообразности и дешевизны, послѣднее же условіе находится въ зависимости отъ того матеріала, который имѣется подъ руками. Слѣдуетъ замѣтить между прочимъ, что съ теченіемъ времени прочность плотины увеличивается отложеніемъ наносовъ ила и песка, поэтому существенно важнымъ является удержать воду передъ плотиною въ первые два года, когда наносовъ еще нѣтъ.

---

Простѣйшими по устройству водосливными плотинами являются плетневые, поднимающія воду до 0,50 саж. Прежде всего на рѣчкѣ или ручьѣ впереди мѣста будущей плотины устраиваютъ перемычку и отводятъ воду канавою. Затѣмъ по оси плотины поперекъ русла роютъ котлованъ до материка, землю складываютъ подъ верховой откосъ; котлованъ врѣзывается въ берега до черты будущаго разлива. Далѣе, по оси котлована вбиваютъ рядъ кольевъ въ разстояніи 0,15 с. одинъ отъ другого (колья продолжаютъ и въ берега). Чтобы колья не расщеплялись, для нихъ желѣзнымъ коломъ пробиваютъ ямки. Верхушки кольевъ должны образовывать слегка дугообразную линію, понижаясь къ серединѣ съ такимъ расчетомъ, чтобы въ самомъ глубокомъ мѣстѣ вода не подпиралась выше какъ на 0,50 с. При такомъ дугообразномъ профилѣ переливающаяся вода будетъ менѣе разрушительно дѣйствовать на берега. Отъ этого ряда кольевъ къ верховой сторонѣ отмѣриваютъ 0,25 с. и параллельно первому забиваютъ другой рядъ, на высоту вдвое, меньшую, чѣмъ высота кольевъ перваго ряда. Колья обоихъ рядовъ заплетаются свѣжимъ хворостомъ; съ верховой стороны

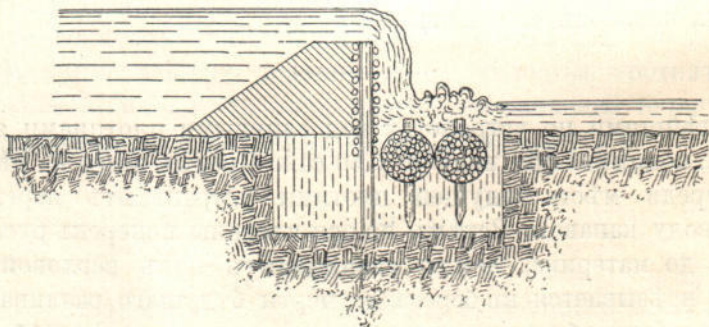


дѣлается земляная отсыпь съ полуторнымъ откосомъ, а съ низовой закладывается рядъ фашинъ, удерживаемый кольями (фиг. 178). Наконецъ, укладывается еще 2 ряда фашинъ, втопленныхъ въ русло и



Фиг. 178.

также удерживаемыхъ кольями. О непроницаемости особенно не заботятся, такъ какъ щели скоро замулятся. Если бы воду надо было поднять ниже, всего на 0,25 с., то можно ограничиться однимъ плетнемъ и двумя фашинами позади его, втопленными въ русло. Съ низовой стороны можно также положить слой хвороста, комлями книзу,



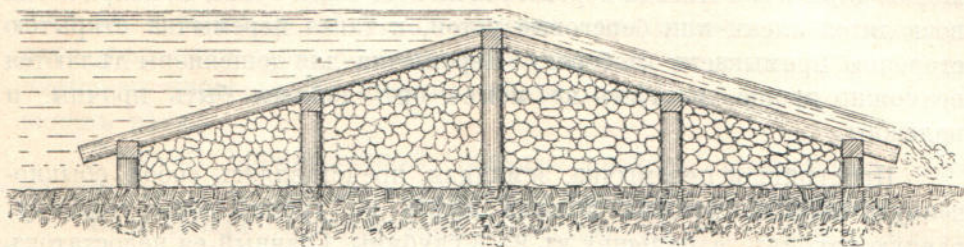
Фиг. 179.

при чемъ хворостъ надо пропустить подъ плетни и прижать его пригугами (фиг. 179).

Если имѣется дикій камень, то простыя плотинки дѣлаются изъ каменной наброски (фиг. 180). Забивается 5 рядовъ свай въ разстояніи 1 саж. рядъ отъ ряда. Къ сваямъ болтами прикрѣпляются схватки. Между сваями набрасывается камень, а для приданія устойчивости сваямъ ихъ соединяють бревенчатыми связями. Бокамъ дается двойной откосъ. Для уменьшенія фильтраціи наброску слѣдуетъ обсыпать землею. Такія плотины дѣлаются высотой до 1 саж.

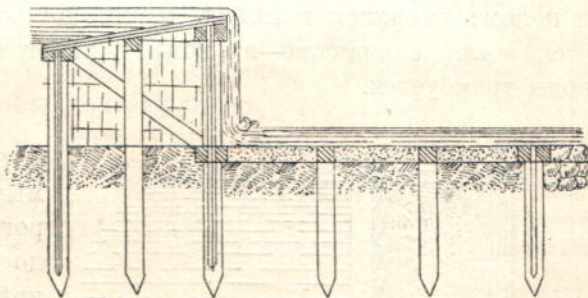


Дощатая плотина, т. е. конструкція съ примѣненіемъ одной, двухъ и большаго числа дощатыхъ стѣнокъ, разнообразны до безконечности. Какъ одинъ изъ типовъ хорошаго устройства плотинъ, поднимающихъ воду до высоты одной сажени, можно указать на плотину, изображенную на фиг. 181. Двѣ шпунтовые стѣнки забиты такъ, что



Фиг. 180.

низовая стѣнка возвышается надъ верховою. На уровнѣ дна на низовой стѣнкѣ прибавляется парная схватка, въ которую упирается подкосъ, верхнюю свою часть укрѣпленный въ сваю другой, верховой стѣнки. Посрединѣ между стѣнками забивается еще одинъ рядъ отдѣльных (не шпунтовыхъ) свай, перекрытыхъ насадкою. Пространство между стѣнками забито землею. На парныхъ схваткахъ стѣнокъ и на насадку средняго ряда настиляется полъ, и такимъ образомъ получается наклонъ навстрѣчу теченію. Съ низовой стороны плотины устраивается рисберма изъ досокъ, уложенныхъ вдоль по теченію и прибитыхъ къ насадкамъ трехъ свайныхъ рядовъ. Длина рисбермы обыкновенно дѣлается не меньше, чѣмъ въ полторы высоты плотины. Полъ заканчивается предохраняющей отъ подмыва шпунтовою стѣнкой.



Фиг. 181.

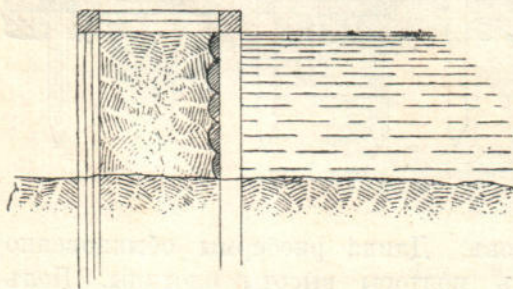
Въ тѣхъ случаяхъ, когда воду приходится поднимать высоко, когда отъ этого весенніе размывы становятся чрезвычайно большими, вмѣсто водосливныхъ плотинъ примѣняются створчатыя — съ прочными водоспусками (называемыми иначе плюзами), закрывающимися щитами.



## § 2. Перемычки.

Прежде, чѣмъ строить плотину, надо мѣсто постройки оградить отъ воды. Съ этою цѣлью впереди плотины роется отводный каналъ, а непосредственно за нимъ поперекъ русла ставится временное сооруженіе—*перемычка*. Иногда перемычка имѣетъ видъ буквы П, напр., когда возводятся плечи или береговые устои, и такая перемычка открытою стороною примыкаетъ къ берегу. Перемычки для дешевизны дѣлаются возможно проще, но тѣмъ не менѣе онѣ должны быть прочны, и надежны.

Простѣйшая перемычка, земляная, представляетъ собою обыкновенную, насыпь, которая должна имѣть на уровнѣ воды толщину, равную глубинѣ, а подошву въ 2—3 глубины. Главный ея недостатокъ въ томъ, что она занимаетъ много мѣста, стѣсняетъ живое сѣченіе и, оставаясь навсегда въ водѣ, засоряетъ ее. Лучше (если глубина не больше 0,50 с.), ставить дощатую перемычку. Для этого поперекъ русла забивается рядъ сваякъ въ саженномъ разстояніи одна отъ другой, верхушки свай перекрываются насадками. Затѣмъ съ верховой стороны устраивается дощатая заборка, а чтобы нижняя доска вошла въ грунтъ, кромку ея завастриваютъ. Чтобы доски держались стѣнкой, передъ сваями забиваютъ колья такъ, чтобы зазоръ между сваей и коломъ равнялся толщинѣ доски. Дальше къ переборкѣ присыпается земля и сначала—въ водѣ уминается ногами, а потомъ сверхъ воды трамбуется.



Фиг. 182.

Если высота не больше 0,60 с., можно дѣлать перемычку изъ кулей, для чего рогожные кули наполняются до  $\frac{2}{3}$  ихъ объема землею и крѣпко завязываются. Потомъ ихъ опускаютъ въ воду и раскладываютъ по дну въ рядъ, какъ можно плотнѣе куль къ кулю. Когда рядъ проложенъ, на него насыпаютъ землю, чтобы заполнить промежутки

между кулями, потомъ поверхъ кладется второй рядъ и пр.

При глубинѣ большей, чѣмъ 0,60 с., или дѣлаютъ двухрядную заборку (фиг. 183) въ разстояніи 0,30 с. одна отъ другой и между заборками набиваютъ глину, или перемычки ставятъ шпунтовые.



### § 3. Главный ирригаціонный каналъ.

Существуетъ двѣ системы ирригаціи: 1) орошеніе правильное посредствомъ постоянной оросительной сѣти каналовъ и 2) орошеніе наводненіемъ, дѣйствующее періодически. По первому способу вода изъ источника орошенія (рѣки, ручья, колодца или пруда) доставляется на орошаемую площадь **главнымъ ирригаціоннымъ каналомъ** и отъ него уже системою второстепенныхъ канавъ равномерно распредѣляется по площади. Во второмъ, менѣе совершенномъ, способѣ сѣти канавъ нѣтъ.

Главный ирригаціонный каналъ долженъ командовать надъ мѣстностью, т. е. занимать наивысшее положеніе на площади.

Вода течетъ съ достаточной скоростью уже при уклонѣ въ 0,0001; поэтому для водопроводныхъ каналовъ находятъ возможнымъ назначать уклоны около 0,0003, при скорости въ 3 фута, не вызывающей размыва въ глинистомъ грунтѣ.

При большомъ уклонѣ и слѣдовательно при слишкомъ большой скорости происходитъ размываніе береговъ и потеря воды на фильтрацію, такъ какъ глинистыя частицы не осаждаются и не закрываютъ поръ и щелей.

Поперечный профиль канала выполняется по уширенному типу, и ширина по дну  $b$  относится къ глубинѣ  $h$ , какъ 3 : 1 и даже 7 : 1; въ послѣднемъ случаѣ, если глубина воды въ каналѣ 0,30 саж., то ширина дна — около 2 саж. Откосы задаются въ соотвѣтствіи съ характеромъ грунта по большей части ординарные.

При выборѣ размѣровъ поперечнаго сѣченія канала руководствуются основною формулою  $Q = Fv$ ; но такъ какъ каналъ на своемъ пути выдѣляетъ воду въ боковыя канавы по оросительной площади, то элементы канала должны соотвѣтственно уменьшаться. Достигается это троякимъ способомъ:

1) Уменьшаютъ живое сѣченіе  $F$  и сохраняютъ ту же скорость, а такъ какъ скорость связана съ живымъ сѣченіемъ и уклономъ ( $v = c \sqrt{ri}$ ), то, чтобы не измѣнилась скорость, надо увеличить уклонъ. Итакъ, по этому способу уменьшается живое сѣченіе и увеличивается паденіе канала.

2) Уменьшаютъ скорость  $v$ , не измѣняя живого сѣченія, а это достигается уменьшеніемъ уклона.

3) Сохраняя неизмѣннымъ уклонъ, уменьшаютъ живое сѣченіе (отчего уменьшается и скорость).

Первый способъ примѣняется, когда вода несетъ много наносовъ и когда грунтъ прочный, второй и третій способы примѣняются, когда вода чиста, но грунтъ слабый, не допускающій большой скорости.

Для проведенія ирригаціоннаго канала требуется уклонъ мѣстности не меньше 0,0003.



Изысканія для составленія проекта орошенія заключаются въ томъ, что мѣстность снимается на планъ, затѣмъ по серединѣ ея проводится магистраль и тщательно два раза нивеллируется. Отъ магистрали и перпендикулярно къ ней на пикетахъ проводятся поперечныя линіи и тоже нивеллируются; чѣмъ чаще будутъ взяты нивелировочныя линіи, тѣмъ точнѣе опредѣлятся всѣ подробности изслѣдуемой мѣстности. Планъ, выраженный въ горизонталяхъ, дастъ возможность намѣтить на немъ какъ направленіе канала, такъ и положеніе его начала или головы. Та часть рѣки, откуда предполагено вывести каналъ, снимается на планъ не только до береговъ, но и дальше — за границы поймы. Затѣмъ для опредѣленія уклона нивеллируется не менѣе какъ на  $1\frac{1}{2}$  версты вверхъ и внизъ по теченію поверхность воды и берега; далѣе, измѣряются живыя сѣченія въ разстояніи 50 саж. одно отъ другого. При этомъ отмѣчается какъ наивысшій, такъ и наинизшій горизонтъ воды, а равно и горизонтъ ледохода. Попутно зондировкой и буреніемъ опредѣляется геологическое строеніе грунта въ различныхъ мѣстахъ.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ опредѣляются живыя сѣченія, дѣлаютъ и опредѣленіе скорости или на поверхности и поплавками или вертушками находятъ максимальную скорость  $V$ . Тогда въ первомъ случаѣ средняя скорость  $v$  опредѣляется по формулѣ Вайсбаха

$$v = 0,85 u,$$

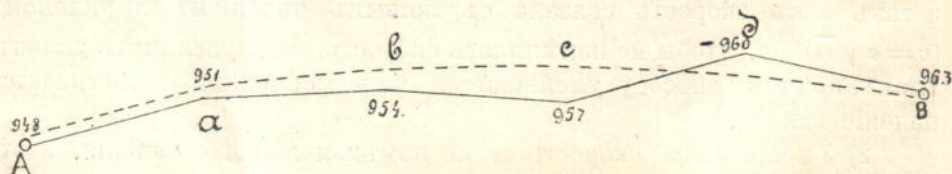
а во второмъ по формулѣ Прони

$$v = V \frac{2,372 + V}{3,153 + V} \text{ (въ метрахъ).}$$

Эту найденную скорость  $v$  сравниваютъ съ  $v$  по формулѣ Чези

$$v = c \sqrt{Ri}$$

взявъ для  $n$  или 0,025 или 0,030 въ зависимости отъ степени чистоты русла рѣки, а  $i$  — уклонъ поверхности воды въ рѣкѣ.

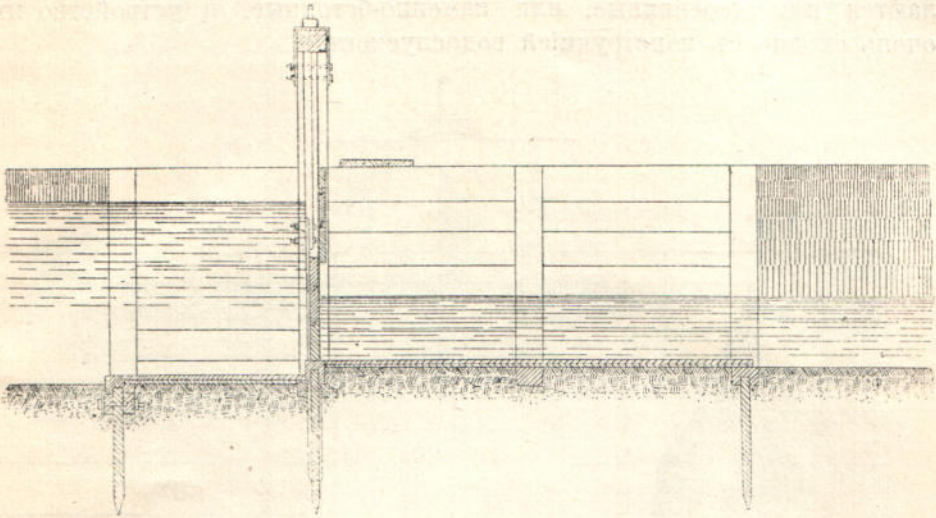


Фиг. 183.

Начальное или головное сооруженіе канала закладывается въ такомъ мѣстѣ, гдѣ рѣка течетъ прямо, безъ извилинъ, и гдѣ берега невысоки. Первоначальное направленіе канала должно быть перпендикулярно къ теченію рѣки, и тогда сѣченіе канала будетъ параллельно теченію. Дальше каналъ ведется возможно прямолинейно, съ плавными закругленіями (радіусомъ не менѣе 50 саж.), постепенно



подходя къ самымъ возвышеннымъ точкамъ, избѣгая выемокъ, насыпей, акведуковъ, т. е. насколько возможно придерживаясь натуральныхъ отмѣтокъ.



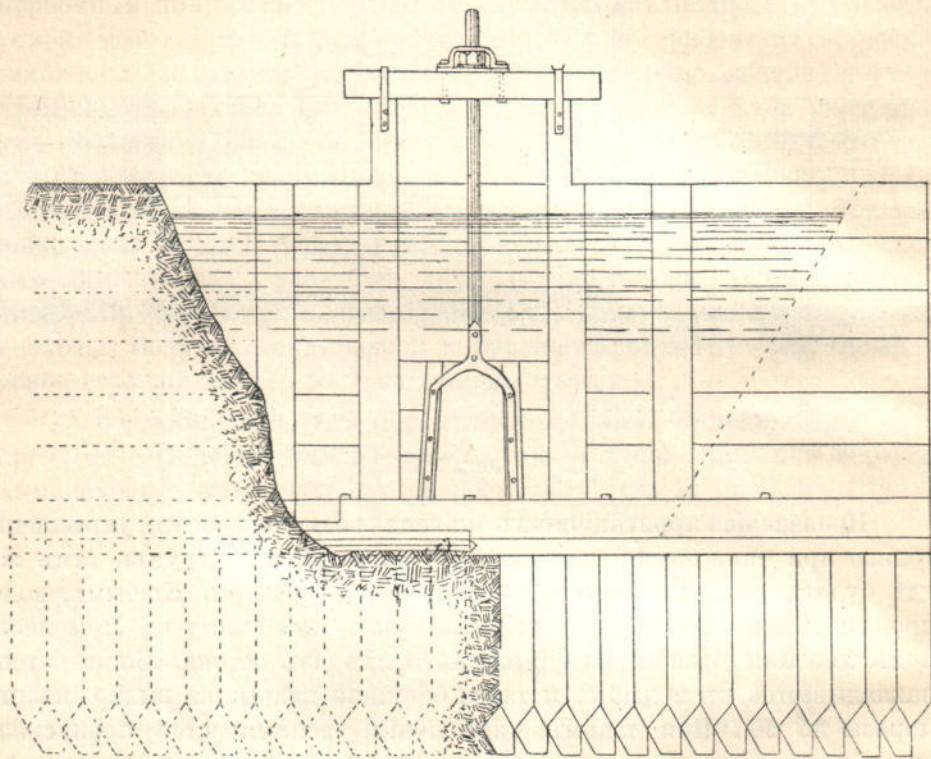
Фиг. 184.

Проведеніе ирригаціоннаго канала возможно безъ укрѣпленій только при наличности подходящаго водоупорнаго грунта, тамъ же, гдѣ будетъ обнаруженъ прослоекъ или участокъ съ слабымъ, водопроницаемымъ грунтомъ, надо втрамбовать или глину съ 15% песка подъ дно или откосы, или выполнить ихъ изъ бетона. Слой бетона накладываютъ въ 2 дюйма и такая бетонная покрывка выдерживаетъ морозы до 20°. При такомъ укрѣпленіи увеличивается пропускная способность канала, потому что въ бетонѣ можно дать скорость въ 10 фут. и слѣд. живое сѣченіе можно уменьшить до трехъ разъ, чѣмъ безъ укрѣпленія. Этимъ путемъ достигается экономія въ земляныхъ работахъ тѣмъ большая, чѣмъ длиннѣе и шире каналъ.

Трассировка канала дѣлается такъ. Когда направление его обозначено на гипсометрическомъ планѣ, на мѣстности его обозначаютъ вѣхами, а затѣмъ отыскиваютъ точки съ заданнымъ уклономъ съ помощью нивеллира и цѣпи. Такъ, напр., если проектируемый уклонъ 0,0003, то, укрѣпивъ одинъ конецъ цѣпи у первой вѣхи *A* (фиг. 183) и натянувъ ее, передвигаютъ передній ея конецъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ найдена точка ниже передней на 0,003. Если на рейкѣ *A* читается показаніе 948, то въ *a* должно быть 951, въ *b* — 954 и т. д. Дойдя до вѣхи *B*, ломаную линію *AabcdB* выравниваютъ въ плавную дугу или въ прямую. Намѣтивъ трассу колышками, нивеллируютъ ее въ два нивеллира; затѣмъ составляютъ профиль, проектируютъ на немъ каналъ; потомъ разбиваютъ его дно и откосы и приступаютъ къ рытью.



Главное сооружение канала, или такъ называемый регуляторъ, представляетъ изъ себя шлюзъ съ щитовыми затворами, устанавливаемый у самаго берега рѣки, параллельно ея теченію. Шлюзы дѣлаются или деревянные, или каменно-бетонные, и устройство ихъ очень сходно съ конструкціей водоспусковъ.



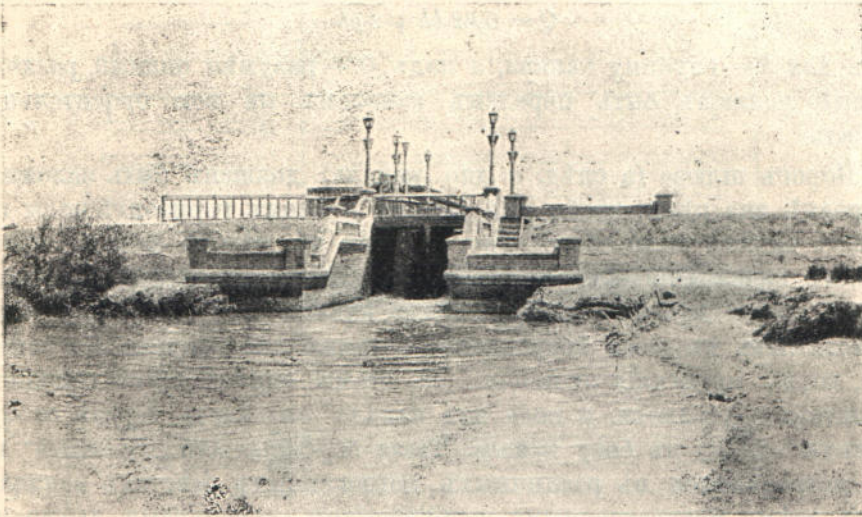
Фиг. 185.

Передъ входомъ въ регуляторъ устраивается понурый полъ съ шпунтовою стѣнкою въ началѣ (фиг. 185). Длина понура дѣлается около сажени. У входа въ каналъ забивается второй шпунтъ, перекрываемый краснымъ брусомъ, на которомъ устанавливаются щитовыя стойки. Вправо и влѣво отъ отверстия шпунтовые открылки пробиваются по одной сажени (фиг. 185). Деревянный щитъ открываетъ воду внизу у порога (см. фиг. 184—185), а выше щита пролетъ между стойками также закрыть досками въ закрой. Далѣе, за порогомъ, на длину не менѣе 1 саж., въ каналъ продолжается горизонтальный сливной полъ, также заканчивающійся шпунтомъ и короткими открылками.

Въ большихъ оросительныхъ сѣтяхъ регуляторъ представляетъ собою весьма солидное сооруженіе (см. фотографическій снимокъ 186 каменно-бетонное или желѣзо-бетонное. Такъ, главное сооруженіе Романовскаго канала въ Голодной степи (въ Туркестанѣ) имѣетъ кон-



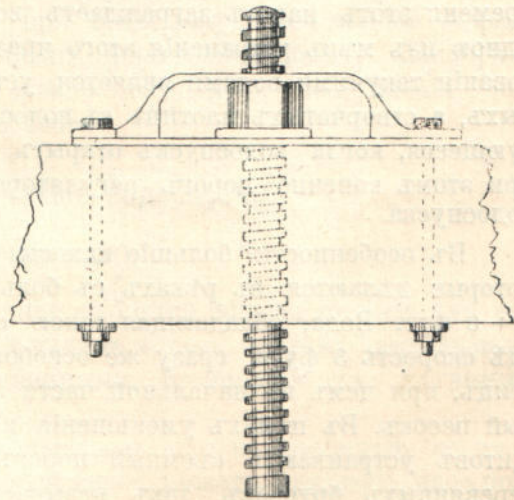
струкцію гранитнаго арочнаго моста съ 15 отверстіями, шириною по 0,90 саж. каждое и высотой въ ключѣ 1,25 саж. Выше сводовъ вы-



Фиг. 186.

ведено бетонное тѣло шлюза, которое является прегражденіемъ для высокихъ водъ рѣки. Закрытіе отверстій достигается желѣзными щитами, движущимися по чугуннымъ направляющимъ.

Подъемъ щитовъ производится или воротомъ съ цѣпами, или механизмомъ, изображеннымъ на фиг. (187); онъ состоитъ изъ винта, пропущеннаго сквозь гайку, которая сверху удерживается скобой; поворачивая ключомъ гайку, сообщаемъ движеніе въ ту или другую сторону полуторадюймовому винту, а съ нимъ вмѣстѣ и щиту. Въ головной части канала до и послѣ шлюза дно и откосы слѣдуетъ укрѣпить мощеніемъ или бетономъ. Бетонъ берется въ составѣ 1 : 4 : 8 и накладывается слоемъ въ 0,04 саж.



Фиг. 187.

Поверхность бетона не батируется, а послѣ утрамбовки поливается жидкимъ растворомъ состава: 1 цемента 3 песка для полученія



прочной наружной корки. Крылья или плечи выполняются воронкою для постепеннаго сжатія струи.

Отверстіе шлюза  $b$  рассчитывается по формулѣ

$$Q = 0,62 bh \sqrt{2gh}$$

взявъ для  $h$  — глубину канала, а подѣ  $Q$  — разумѣя полный расходъ, который долженъ быть переданъ каналомъ на всю оросительную площадь.

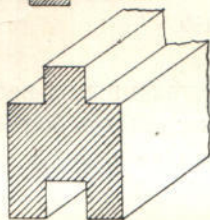
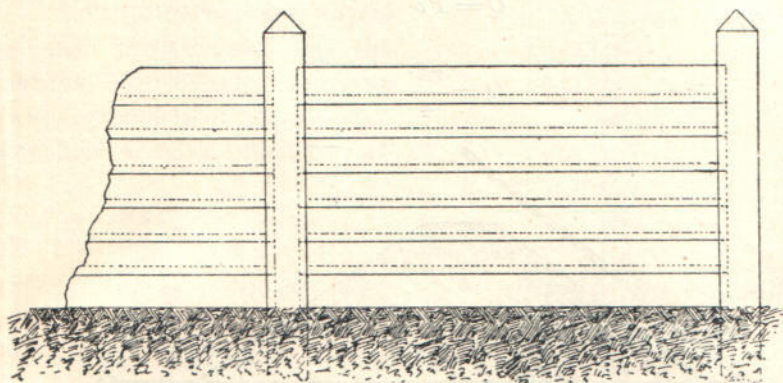
Порогъ шлюза (а слѣд. и дно канала) долженъ быть заложенъ на уровнѣ дна рѣки, чтобы при самомъ низкомъ горизонтѣ воды питаніе въ каналъ было обезпечено. Шлюзъ въ головѣ канала, кромѣ главнаго назначенія—регулировать поступленіе ирригаціонной воды нуженъ еще и для того случая, когда каналъ надо опорожнить для необходимыхъ въ немъ исправленій, а также для выпуска изъ канала воды, когда ирригація окончена. Въ этомъ случаѣ щиты головного регулятора опускаются и вода изъ канала вытекаетъ черезъ особую спускную канаву въ боку канала. Такія спускныя или „сбросныя“ канавы устраиваются въ различныхъ пониженныхъ мѣстахъ канала и передъ всѣми искусственными сооружениями—акведуками, дюкерами, перепадами и пр., на тотъ случай, когда надо спустить воду, чтобы произвести ремонтъ этихъ сооружений. Сбросныя канавы снабжаются прочными щитовыми затворами въ шпунтовыхъ или бетонныхъ стѣнкахъ и проводятся перпендикулярно къ оси канала.

Послѣ постройки плотины на рѣкѣ образующійся такимъ образомъ плесъ постепенно заносится пескомъ и иломъ, и съ теченіемъ времени этотъ наносъ заграждаетъ водѣ входъ въ отверстіе канала. Одною изъ мѣръ устраненія этого чрезвычайнаго недостатка въ пользованіи текучими водами является устройство не глухихъ водосливныхъ, а створчатыхъ плотинъ съ водоспусками. Сильное теченіе образующееся, когда водоспускъ открытъ, проноситъ илъ мимо канала, при этомъ конечно порогъ регулятора долженъ быть выше порога водоспуска.

Въ особенности большіе наносы образуются въ тѣхъ каналахъ, которые дѣлаются въ рѣкахъ съ большою скоростью теченія, напр., 5—6 фут. Вода, обладающая такою скоростью, попадая въ каналъ, гдѣ скорость 3 фута, сразу же освобождается отъ несомыхъ ею частицъ, при чемъ въ начальной части канала отлагается самый тяжелый песокъ. Въ цѣляхъ уменьшенія наносовъ иногда передъ линіею щитовъ устраиваютъ съемный порогъ, состоящій изъ отдѣльныхъ деревянныхъ брусевъ, такъ называемыхъ шандоровъ, имѣющихъ длину 1 саж., накладывающихся одинъ на другой, пазомъ на гребень; на концахъ шандоровъ также затесывается торцевой гребень, которымъ шандоръ скользитъ по пазу шандорныхъ стоекъ, укрѣпляемыхъ черезъ сажень одна отъ другой. Такимъ образомъ, когда шандоры



опущены въ стойки, получается плотная, непроницаемая для воды, стѣнка (фиг. 188). Высота стѣнки можетъ быть доведена до горизонта



*поперечное сечение  
шандора*

Фиг. 188.

самыхъ высокихъ водъ рѣки, при чемъ получается полное закрытіе отверстія шлюза, если не считать фильтраціи между шандорами. Измѣняя число шандоровъ, можно достигнуть поступленія воды всегда изъ верхнихъ рѣчныхъ слоевъ.

#### § 4. Трубчатые водоспуски.

(Водоемы).

Если источникомъ орошенія является прудъ, то вода изъ него выпускается въ ирригаціонный каналъ сквозь плотину такъ называемыми водоемами, т. е. деревянными, бетонными или чугунными трубами.

Трубы укладываются на материкъ или на ростверкъ, но не въ насыпи плотины, такъ какъ тогда труба можетъ измѣнить свое положеніе отъ осадки насыпи. Закладывать трубу надо возможно ниже, но однакоже не на днѣ пруда, чтобы ниже отверстія трубы оставался слой „мертвой воды“, которая предохраняетъ ложе пруда и плотину отъ трещинъ при высыханіи и замерзаніи.

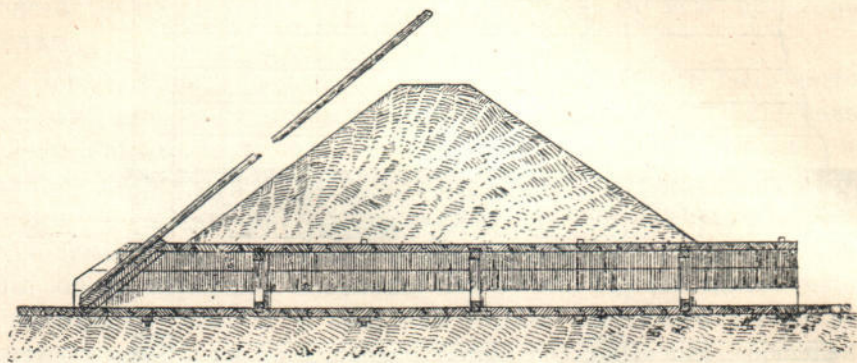


Расходъ  $Q$  воды черезъ трубы опредѣляется по живому ея сѣченію  $F$  и скорости  $v$ , т. е.

$$Q = Fv$$

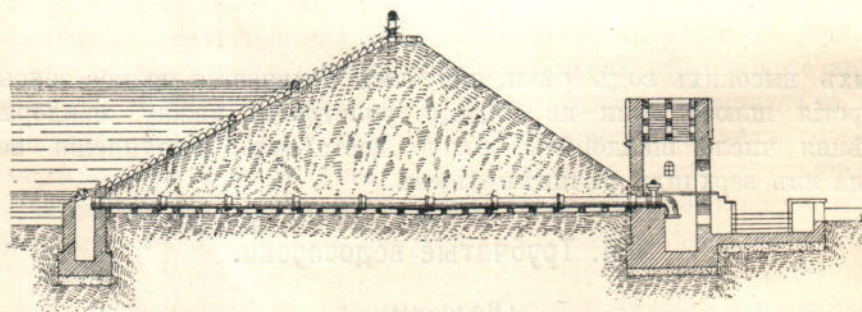
или

$$Q = \frac{\pi d^2}{4}$$



Фиг. 189.

при чемъ величина  $Q$  связана опредѣленными величинами скорости  $v$  и діаметра  $d$ . Такъ, скорость не должна быть болѣе 3 фут., а діаметръ для чугунныхъ трубъ не берется больше 1 ф., а для цементно-бетонныхъ 1½ — 2 и 3 фута.



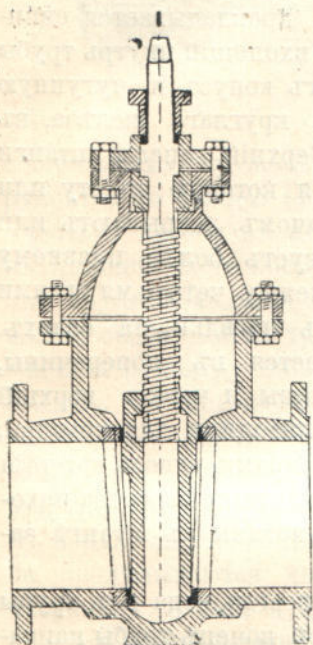
Фиг. 190.

Деревянные трубы, вслѣдствіе ихъ непрочности, примѣняются только въ тѣхъ случаяхъ, когда напоръ (глубина воды) въ прудѣ не больше ½ сажени. Головная часть деревянной трубы (въ прудѣ) скашивается наклонно и обдѣлывается въ раму съ выбранными въ ней четвертями, куда укладывается наклонный щитъ (фиг. 189), укрѣпленный на деревянной рамѣ своею осью. При нажатіи на рукоятку щита получается свободный ходъ воды изъ пруда въ трубу, и, наоборотъ, при отпущенной рукояткѣ вода нажимаетъ на щитъ и закрываетъ отверстіе. Неудобство такого затвора—порча его отъ льдинъ. У входа

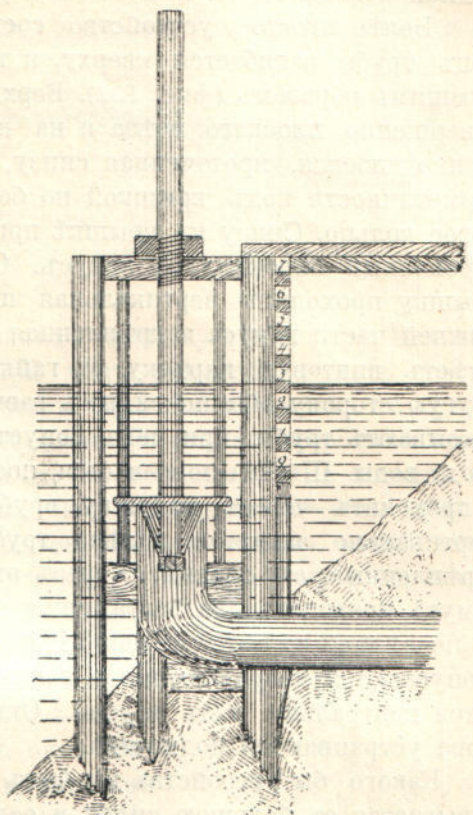


въ трубу пробивается шпунтовая стѣнка (не показанная на чертежѣ) съ откылками, длиною въ каждую сторону—на величину напора.

Желѣзо-бетонныя трубы по типу устройства инж. Ермалаева дѣлаются слѣдующимъ способомъ: листы кровельнаго желѣза продыравли-



Фиг. 191.



Фиг. 192.

ваются пробойникомъ размѣрами дыръ въ 0,02 с. и въ разстояніяхъ между ними по 0,05 саж., затѣмъ сгибаются соотвѣтственно диаметру трубы, края соединяются фальцемъ и на поверхность полученной трубы, какъ внутри, такъ и снаружи, дѣлается наброска изъ цементнаго раствора 1 : 3. Поверхность потомъ затирается. Общая толщина трубы дѣлается въ 0,03 саж. Отдѣльныя кольца трубы устанавливаются на мѣстахъ въ притыкъ и швы заливаются цементнымъ растворомъ. Входная и выходная части трубы обдѣлываются каменною кладкою. Затворъ въ видѣ желѣзнаго листа на стержнѣ ходитъ по прорѣзу, плотно прижимаясь давленіемъ воды.

Чугунныя трубы, плотно соединенныя въ раструбахъ, задитыя свинцомъ и зачеканенныя, укладываются на ростверкѣ, сверху и съ боковъ тщательно затрамбовываются глиной, а около головы откосъ плотины вымощивается камнемъ; самая же голова по большей части впускается въ каменный колодезь (фиг. 190). Верхняя часть колодца



выполняется наклонно и снабжена чугуною заслонкою, которая соединена цѣпью съ воротомъ, находящимся на плотинѣ. Задній выходной конецъ трубы имѣетъ затворъ Пита (фиг. 191).

Болѣе простое устройство состоитъ въ томъ, что головной конецъ трубы загибается кверху, и тогда затворъ устраивается слѣдующимъ образомъ (фиг. 192). Верхній край трубы протачивается до совершенно плоскаго срѣза и на него накладывается также совершенно плоская, проточенная снизу, чугунная крышка. Для большей герметичности подъ крышкой по борту трубы прокладывается свинцовое кольцо. Снизу къ крышкѣ прикрѣпленъ входящій внутрь трубы деревянный опрокинутый конусъ. Сквозь этотъ конусъ и чугунную крышку проходитъ вертикальная штанга изъ круглаго желѣза, въ нижней части конуса закрѣпленная гайкой. Верхній конецъ штанги имѣетъ винтовую нарѣзку съ гайкой, вращая которую въ ту или другую сторону обыкновеннымъ гаечнымъ ключомъ, закрываютъ или открываютъ трубу, при чемъ конусъ способствуетъ болѣе плавному входу воды. Штанга помѣщается посрединѣ, между четырьмя сваями и проходитъ черезъ подушку, врубленную въ насадки на сваяхъ. Вертикально загнутое колѣно трубы зажимается въ поперечины, скрѣпленные съ сваями. Черезъ эти поперечины и черезъ верхній хомутъ проходятъ два болта, служащіе направляющими для крышки; на послѣдней имѣются на концахъ приливы съ дырами, сквозь которыя пропускаются направляющія, и такимъ образомъ крышка всегда находится центрально надъ трубой. Отъ гребня плотины къ штангѣ затвора устраиваются подмости.

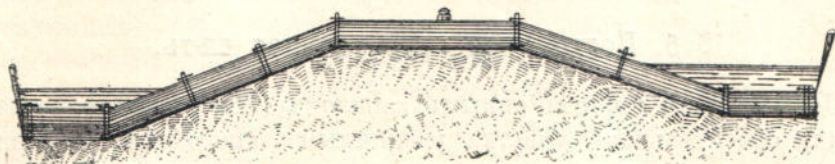
Какого бы устройства ни былъ затворъ, всегда вода изъ трубы вырывается съ большою силой, и если выходной конецъ трубы направить непосредственно въ земляной каналъ, то здѣсь образовалась бы вымоина, а затѣмъ началъ бы подрываться наружный откосъ плотины. Въ предупрежденіе этого, у конца трубы помѣщаютъ водобойный колодецъ.

При укладкѣ трубъ требуется самая педантичная аккуратность потому что, какъ бы тщательно ни была уложена труба, она все же нарушаетъ однородность, а, слѣдовательно, и устойчивость тѣла плотины. При малѣйшей небрежности вода можетъ просочиться и сдѣлать ходъ около стѣнокъ трубы. Кромѣ того, труба можетъ дать трещину, если на зиму въ ней останется неспущенная или просочившаяся черезъ затворъ вода. Эти недостатки трубчатыхъ водоспусковъ, въ томъ случаѣ, когда расходъ воды невеликъ, устраняются примѣненіемъ сифона.

Состоитъ онъ изъ желѣзной трубы, колѣна которой соединяются фланцами, образуя между собою тупые углы (фиг. 193). Между фланцами прокладываются резиновые или кожаные кольца, покрытыя сурикомъ. Концы сифона закрываются герметическими крышками слѣ-

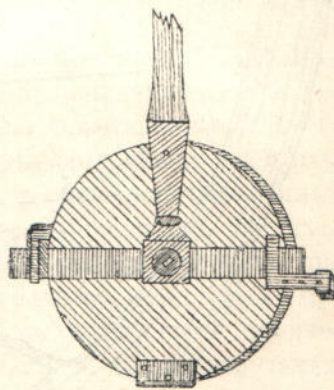


дующаго устройства. Берется два желѣзныхъ кружка, одинъ діаметра большаго, чѣмъ діаметръ трубы, другой—діаметра меньшаго. Между этими кружками зажатъ кожаный, пропитанный жиромъ кружокъ діаметра одинаковаго съ большимъ кружкомъ. Въ центрѣ этихъ трехъ



Фиг. 193.

сболченныхъ кружковъ, образующихъ крышку сифона укрѣпляется рукоятка со скобою (фиг. 194), при чемъ рукоятка можетъ поворачиваться на оси въ центрѣ кружковъ. Крышка соединена съ трубой въ нижней части посредствомъ шарнира. По обѣимъ сторонамъ отверстія трубы находятся прикрѣпленные къ ней крючья, на которые ложится скоба, когда труба заперта. Чтобы открыть отверстіе сифона, сначала рукоятку поворачиваютъ вокругъ оси вправо, отчего скоба сойдетъ съ крючьевъ, затѣмъ рукоятку толкаютъ отъ себя, отчего крышка на шарнирѣ откроется; при закрываніи поступаютъ обратно: притягиваютъ рукоятку къ себѣ и поворачиваютъ ее влѣво. Въ верхнемъ горизонтальномъ колѣнѣ сифона продѣływаются два отверстія, одно діаметромъ 2 дюйма, а другое — значительно уже; это второе отверстіе—воздушникъ. Первое отверстіе имѣетъ трубку съ винтовой нарѣзкою. Чтобы пустить сифонъ въ работу, закрываютъ крышки обоихъ концовъ трубы, къ большой трубкѣ наверху привинчиваютъ рукавъ, напр., хоть пожарнаго насоса и накачиваютъ воду до тѣхъ поръ, пока она не брызнетъ изъ воздушника.



Фиг. 194.

Тогда отвинчиваютъ рукавъ и на мѣсто его вставляютъ воронку, въ которую льютъ воду, а затѣмъ это отверстіе и воздушникъ быстро забиваютъ деревянными пробками съ намотанными на нихъ тряпками. Послѣ этого сначала открываютъ верхнюю прудовую крышку, а потомъ уже нижнюю, и сифонъ начинаетъ работу. Для остановки его достаточно открыть воздушникъ и нагнетательную трубку.

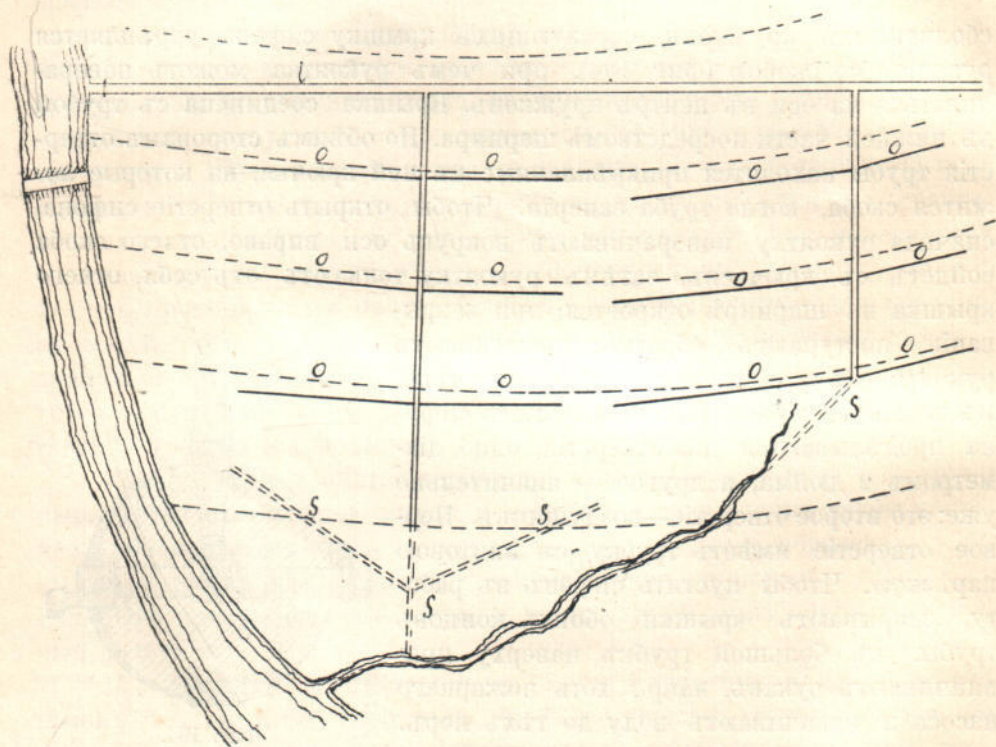
Для успѣшности дѣйствія сифона необходимо: 1) полная герметичность крышекъ и всей его поверхности, чтобы въ сифонъ нигдѣ не могъ пройти воздухъ; 2) чтобы уровень воды въ прудѣ былъ не меньше, какъ на 0,10 с. выше мѣста выхода наружнаго конца трубы.



Преимущество сифона передъ чугуною трубою заключается въ томъ, что плотина остается совершенно нетронутою, сифонъ можетъ быть перенесенъ съ одного мѣста на другое, и наконецъ стоимость его несравненно дешевле стоимости чугунной трубы съ ея установкою.

## § 5. Постоянная оросительная сеть.

Доставленная ирригаціоннымъ каналомъ вода распредѣляется по площади оросительнаго участка различнымъ способомъ, въ зависимости отъ рельефа и уклона мѣстности, отъ физическихъ свойствъ почвы и отъ требованій культивируемыхъ растений.



Фиг. 195.

Изъ главнаго ирригаціоннаго канала *i* вода поступаетъ въ каналы второго порядка, такъ называемыя распредѣлительныя или просто въ распредѣлители *r* (фиг. 195), а изъ нихъ—въ каналы третьего порядка—оросительныя или оросители *o*. Отсюда вода поступаетъ или въ особыя борозды, проведенныя по полю, или переливается черезъ край и разливается слоемъ по площади участка. Излишняя вода, сбѣгающая съ участка и не впитавшаяся въ землю, собирается въ особыя сточныя каналы *s* и по нимъ направляется въ сторону—въ рѣку, оврагъ и вообще въ низины.



Вся совокупность системы канавъ носить названіе *постоянной оросительной сѣти* и своею схемою напоминаетъ рыбій скелетъ; разница заключается только въ томъ, что кости рыбьяго скелета постепенно (отъ головы къ хвосту) становятся меньше и тоньше, а въ оросительной сѣти сплошь и рядомъ третьестепенныя канавы имѣютъ протяженіе во много разъ больше, чѣмъ второстепенныя. Главный водопроводный каналъ занимаетъ наивысшее положеніе на орошаемомъ участкѣ; распредѣлители отходятъ отъ канала перпендикулярно къ нему и направляются по скатамъ, а оросители располагаются по горизонталямъ участка.

Задача оросительной сѣти заключается въ томъ, чтобы, *взявъ воду отъ источника орошенія (изъ рѣки, изъ пруда или изъ колодца), въ известное время и въ заданномъ количествѣ передать ее на орошаемую площадь, равномерно распредѣлить ее тамъ и этимъ создать нужную равномерную влажность почвы, сообразуясь съ видомъ поливаемыхъ растений.*

Главный каналъ, отдавая на своемъ пути каждому распредѣлителю часть несомой имъ воды, постепенно уменьшается въ размѣрахъ и въ концѣ концовъ превращается въ маленькую сточную канаву, по которой стекаетъ лишняя неупотребленная для орошенія вода. Точно также постепенно, послѣ выходовъ оросителей, уменьшаются размѣры и распредѣлительныхъ канавъ. Что же касается оросителей, то и они въ своей хвостовой части сходятъ „на нѣтъ“.

Очень нерѣдко постоянная сѣть состоитъ только изъ главнаго канала и распредѣлителей, а оросительныя канавы составляютъ уже временную сѣть, т. е. запахиваются, а потомъ восстанавливаются. Дѣлается это въ тѣхъ случаяхъ, когда обрабатываютъ почву тяжелыми плугами въ нѣсколько паръ воловъ, при этомъ оросители сильно затрудняютъ работу, заставляя поворачиваться въ тѣсныхъ мѣстахъ.

Когда положеніе главнаго ирригаціоннаго канала намѣчено, приступаютъ къ подробной нивелировкѣ пространства, на которомъ проектируется оросительная сѣть. Попутно съ нивелировкой производится развѣдка грунта. По составленному плану въ горизонталяхъ опредѣляется положеніе сѣти. Всѣ канавы должны быть такого размѣра и должны быть такъ расположены, чтобы не было бесполезной траты воды, но чтобы она въ нужномъ количествѣ равномерно распредѣлялась по орошаемому участку. Площадки между канавами также должны имѣть поверхность ровную съ надлежащимъ уклономъ, чтобы вода повсюду разливалась равномерно и стекала медленно. Затѣмъ приступаютъ къ расчету размѣровъ канавъ, въ зависимости отъ расхода каждой изъ нихъ. Слѣдуетъ замѣтить, что изъ всѣхъ канавъ сѣти рассчитываются только второстепенныя — распредѣлители, при чемъ размѣры ихъ можно опредѣлять, руководствуясь слѣдующей схемой. Пусть площадь  $ABCD$  (фиг. 196) участка приходится на одинъ распредѣлитель  $RS$  и число десятиныхъ этой площади пусть  $= P$



затѣмъ пусть на каждую десятину требуется  $M$  кубич. саж. воды <sup>1)</sup> и пусть поливъ воды производится въ теченіе  $n$  сутокъ, по  $m$  часовъ въ каждыя сутки. Такимъ образомъ секундный расходъ распреѣлителя выразится какъ

$$Q = \frac{M \cdot P}{n \cdot m \cdot 60 \times 60} \text{ кубич. саж.}$$

Задавшись затѣмъ скоростью  $v$  и взявъ соотвѣтствующій уклонъ  $i$ , опредѣляютъ по формулѣ

$$v = c \sqrt{Ri}$$

величину подводнаго радіуса  $R$ , а по формулѣ расхода

$$Q = Fv$$

поставивъ  $Q$  и  $v$  (см. выше), а также найденное  $R$ , находятъ всѣ размѣры канавы. При чемъ, однако, эти размѣры распреѣлителя будутъ вѣрны только до перваго, отходящаго отъ него, оросителя, затѣмъ размѣры сѣченія распреѣлителя должны соотвѣтственно уменьшаться по мѣрѣ раздачи воды въ оросители. Что касается уклона, то кромѣ опасности размыва, большіе уклоны нежелательны и потому, что при нихъ не такъ равномерно и плавно распреѣляется вода, не слѣдуетъ переходить за 0,002; если же скатъ мѣстности больше этой цифры, то распреѣлитель ведется или съ перепадами или же наискось ската. Въ зависимости отъ характера мѣстности распреѣлители размѣщаются одинъ отъ другого на разстояніи отъ 30, 50 и болѣе (500) сажень—чѣмъ мѣсто ровнѣе, тѣмъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, дальше. Такимъ образомъ, размѣры площадей, орошаемыхъ однимъ распреѣлителемъ, колеблются въ очень широкихъ предѣлахъ: 100—300 и болѣе (1500) десятинъ.

Оросительныя канавы отводятся отъ распреѣлителей въ обѣ стороны, парами, черезъ 10—40 саж. пара отъ пары. Чѣмъ больше сближены горизонталы, чѣмъ, слѣдовательно, скатъ круче, тѣмъ оросители отодвигаются дальше, потому, что при отлогомъ склонѣ вода по поверхности движется медленно и впитывается въ землю постепенно, такъ что если разстояніе между оросителями велико, то вода отъ верхней канавы не скоро дойдетъ до нижней, а при пористомъ грунтѣ и совсѣмъ до нея не дойдетъ; при крутомъ же склонѣ движеніе совершается скорѣе и канавы могутъ быть дальше отодвинуты одна отъ другой. Число оросителей на заданной площади и размѣры ихъ опредѣляются по расчету, чтобы каждый изъ нихъ пропускалъ въ секунду 0,003 — 0,004 куб. саж. (30 — 40 секундолитровъ), тогда,

<sup>1)</sup> См. ниже § 7.



принимая секундный токъ оросительной воды въ 0,00006 саж. (см. §17), получимъ площадь, приходящуюся на одинъ ороситель, или 45 (при  $Q = 0,003$ ) или 60 дес. (при  $Q = 0,004$ ); и въ среднемъ на площадь одного распредѣлителя въ 100, напимѣръ, десятинь надо два оросителя. Размѣры сѣченія выбираются такъ: при  $Q = 0,003$  глубина канавы около 0,15 саж., и ширина по дну 0,06 саж.; при  $Q = 0,004$  саж., глубина около 0,20, ширина по дну 0,10; при двойныхъ откосахъ. Уклонъ дается почти равнымъ нулю и не долженъ превышать 0,0005. Что же касается длины оросительныхъ канавъ, то она зависитъ отъ разстоянія между распредѣлителями, и такъ какъ это разстояніе измѣняется, начиная отъ 30 саж., то и длина оросителей колеблется, начиная отъ 15 саж.

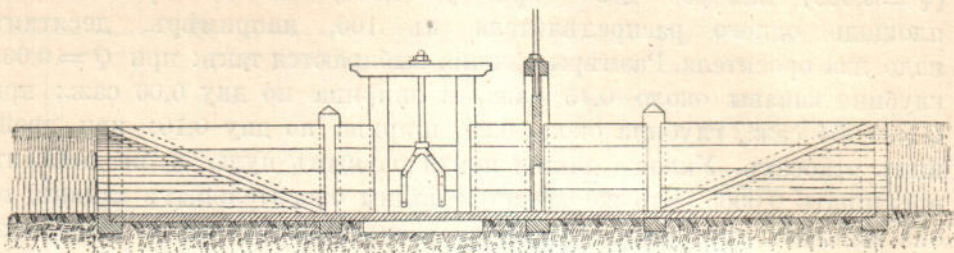
Изъ оросителей вода поступаетъ непосредственно на нижележащую площадку, или переливаясь черезъ край канавы, или черезъ дѣлаемые въ ней прорывы, поэтому необходимо, чтобы уровень воды въ канавѣ былъ всегда выше орошаемой площади, т. е. чтобы въ канавѣ не было слоя „мертвой воды“. Въ тѣхъ же цѣляхъ распредѣлители, напимѣръ, всегда ведутся въ насыпяхъ и сообщаются съ оросителями заставками; одна устанавливается въ головѣ оросителя *М* (фиг. 65), а другая въ соответствующемъ мѣстѣ распредѣлителя *Н*. При закрытой заставкѣ *Н* и при открытой—*М* вода пойдетъ въ ороситель и обратно, при открытой—*Н* и закрытой—*М* вода идетъ по распредѣлителю. Простѣйшими заставками являются—комъ земли, кусокъ дерна, лопата, воткнутая въ землю поперекъ теченія, и проч. Лучшіе—переносные дощатые щиты а въ большой постоянной сѣти устраиваются и постоянные затворы, для чего въ обѣ стороны отъ канавы пробиваются шпунтовые ряды или ставятся бетонныя стѣнки, а въ отверстіи канавы, между маточныхъ свай, перекрытыхъ насадкою, въ пазахъ ихъ или въ четвертяхъ ходитъ щитъ (*н* фиг. 66).

На устройство затворовъ должно быть обращено серьезное вниманіе. Если закрытый щитъ пропускаетъ сквозь себя воду въ канаву, то кромѣ непроизводительной траты ирригаціонной воды, эта вода, наполнивъ ороситель, станетъ выливаться изъ него на ниже-расположенную площадь и можетъ произвести ея перемачиваніе (и засолоненіе).

Въ большихъ и хорошо оборудованныхъ сѣтяхъ тѣ мѣста главнаго канала, отъ которыхъ отходятъ распредѣлители, выполняются весьма тщательно. Такъ, земляной трапецоидальный каналъ постепенно на разстояніи одной сажени въ обѣ стороны посредствомъ деревянной заборки переходитъ въ прямоугольный дощатый желобъ съ деревяннымъ же поломъ (фиг. 197 *а* и *б*). Такой же желобъ съ поломъ на длину 1,50 саж. дѣлается и въ распредѣлителѣ. Щиты движутся въ пазахъ стоекъ, поднимаясь на винтовомъ стержнѣ и



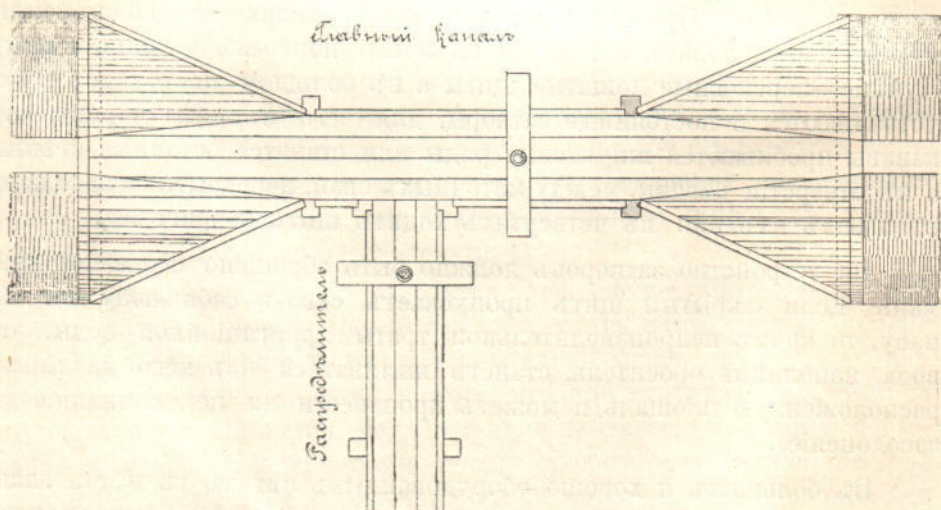
устанавливаются они не непосредственно у отверстия, а въ предупрежденіе удара струи въ разстояніи отъ него около 0,30 саж.



Фиг. 197/а.

Что касается отводных—сточных канавъ, то онѣ проводятся обыкновенно безъ расчетовъ. Имъ задается возможно большій уклонъ и располагаются онѣ въ нижнихъ частяхъ поливныхъ площадокъ. Надобность въ сточной сѣти особенно велика въ тяжелыхъ и солончаковыхъ почвахъ.

Проектируя оросительную сѣть, надо размѣстить и согласовать между собою всѣ ея отдѣльныя части, чтобы получалась полная возможность управлять водою на каждой точкѣ поливного участка. Такъ, напр., надо, чтобы вода изъ главнаго канала попадала прежде всего

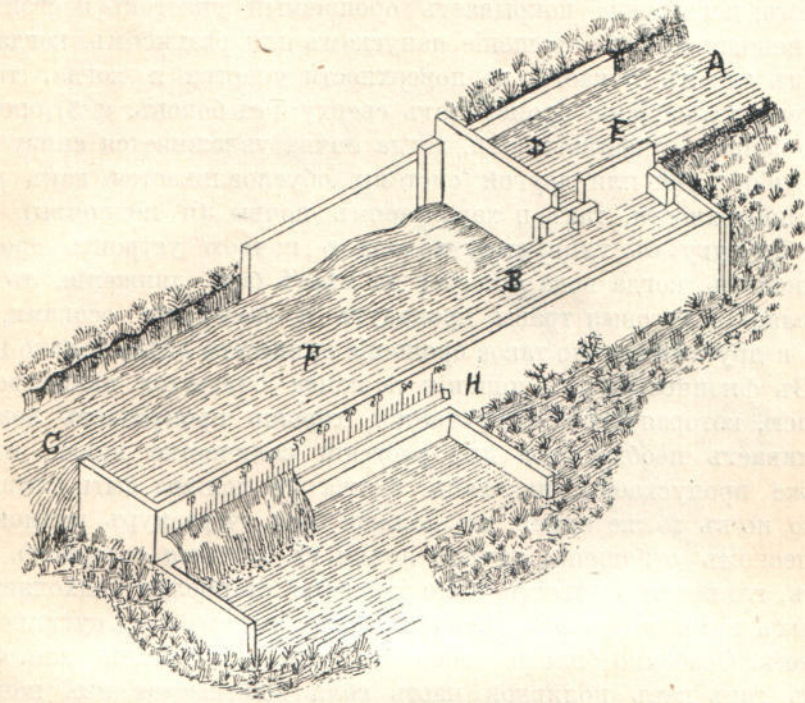


Фиг. 197б.

въ 1-й распределитель, изъ него сначала въ 1-й ороситель, затѣмъ во 2-й и т. д., послѣ этого вода должна поступать во 2-й распределитель, изъ него снова въ 1-й ороситель, затѣмъ во 2-й и т. д. На пологихъ мѣстахъ вода должна идти скорѣе, на скатистыхъ—тише; равно какъ въ мѣстахъ, гдѣ поливка заканчивается, вода должна



идти тише, чтобы избѣжать бесполезной потери въ овраги и низины. Въ этомъ заключается главное искусство поливки, которымъ долженъ руководиться строитель ирригаціонной сѣти.



Фиг. 198.

Въ томъ случаѣ, когда требуется пропустить опредѣленное количество воды, напр., когда водою одного источника пользуются разныя лица, для учета отпускаемой воды на каналъ устраиваются особыя приспособленія, называемыя **водомерами**. Одинъ изъ наиболѣе употребительныхъ—**водомеръ инженера Фуа** (фиг. 198). Въ каналѣ *A* ставится щитъ *D* и щитъ *E*. Вода направляется въ ящикъ *B*, одна изъ стѣнокъ котораго имѣетъ прорѣзъ *H*, раздѣленный на дюймы; другая противоположная стѣнка *F* имѣетъ острую кромку, черезъ которую переливается въ каналъ *AC* вода, не прошедшая черезъ отверстіе *H*. Такъ какъ надъ этимъ отверстіемъ вода всегда находится подъ одинаковымъ напоромъ, то и расходъ черезъ отверстіе постояненъ. Ящикъ *B* дѣлается такой глубины, чтобы надъ прорѣзомъ *H* слой былъ всегда въ 4 дюйма, а толщина слоя переливающейся воды черезъ стѣнку *F*—дѣлается въ  $\frac{1}{4}$  дюйма. Помощью задвижки прорѣзъ *H* можетъ быть увеличенъ или уменьшенъ до требуемой величины.



## 6. Системы орошенія.

Различают три главных системы орошенія: 1) орошеніе затопленіемъ, когда вода покрываетъ орошаемый участокъ и стоитъ на немъ неподвижно; 2) орошеніе напускомъ или разливомъ, когда вода тонкимъ слоемъ стекаетъ по поверхности участка и когда, такимъ образомъ, увлажненіе происходитъ сверху и съ боковъ, и 3) орошеніе подпочвенное—инфильтраціей, когда почва увлажняется снизу.

Выборъ той или другой системы обусловливается какъ рельефомъ поверхности, такъ и характеромъ почвы (и подпочвы). Если, напр., на лугу съ глинистою холодною почвою устроить орошеніе затопленіемъ, когда вода остается на мѣстѣ безъ движенія, то хорошія, сладкія луговые травы пропадутъ и замѣнятся осоками, хвощами и друг. Ясно, что такое орошеніе принесетъ здѣсь только вредъ.

Въ физическомъ отношеніи та почва считается наиболее подходящею, которая легко нагрѣвается, хорошо пропускаетъ воздухъ, удерживаетъ необходимое для растений количество влаги, излишнюю же пропускаетъ; наконецъ, почва не должна быть слишкомъ вязкою, но въ то же время не должна быть чрезмерно рыхлою. Въ химическомъ отношеніи лучшія почвы тѣ, которыя содержатъ кремнеземъ, глиноземъ, известь, кали и натръ. Наиболее подходящи, на которыхъ примѣнимы всѣ системы орошенія, среднія: суглинокъ и супесокъ. Особенно большое значеніе имѣетъ ирригація для солончаковъ, такъ какъ поливкой часть соли вымывается изъ почвы и сносится водою, другая же часть растворившись проникаетъ въ глубокіе слои.

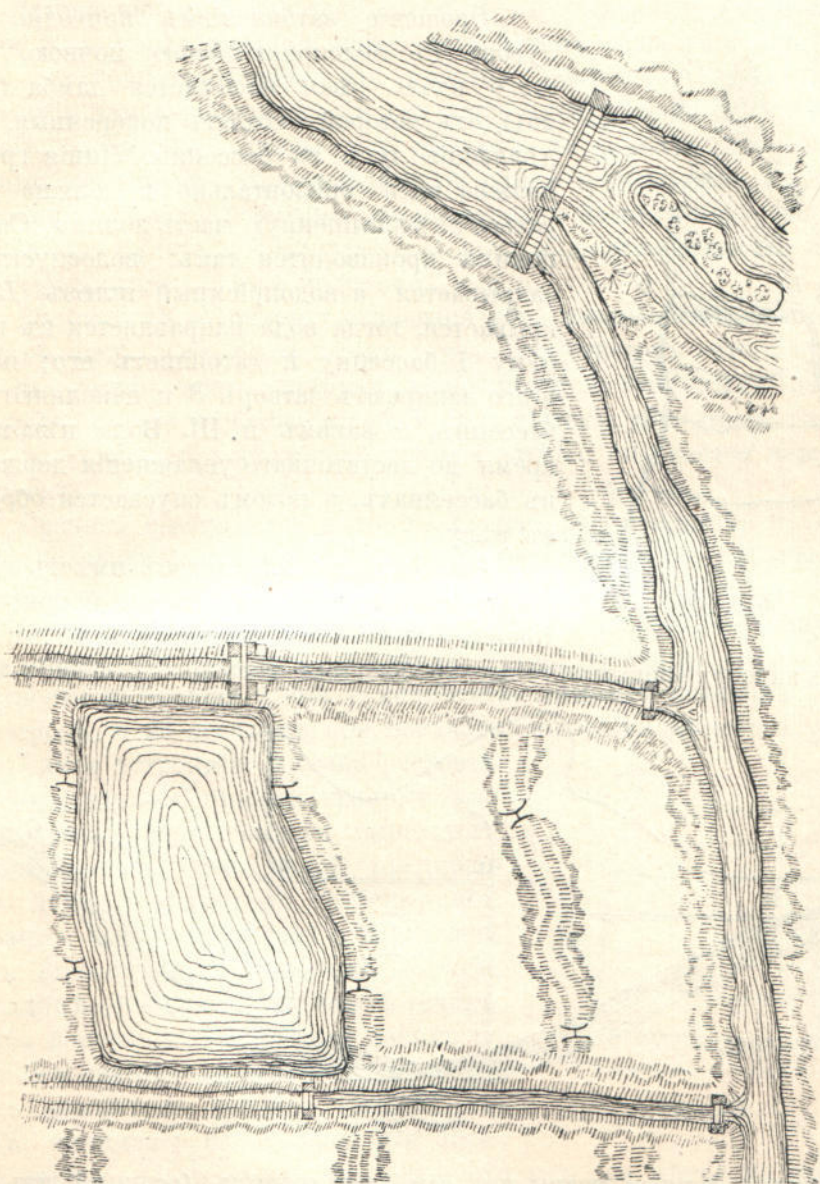
**I. Орошеніе затопленіемъ** примѣняется въ мѣстности ровной съ уклономъ не больше 0,002 и состоитъ въ томъ, что разлитая по участку вода остается въ покоѣ, затѣмъ частью впитывается въ почву, а частью спускается на сторону.

Простѣйшій способъ орошенія затопленіемъ тотъ, когда на участокъ, огражденный валиками (напр., на грядку), напускается вода и держится на немъ, пока не впитается.

Другой, болѣе совершенный, способъ—заливными площадками (или чеками). Для этого весь орошаемый участокъ раздѣляется валиками по горизонталямъ. Чѣмъ уклонъ мѣстности большій, тѣмъ и валиковъ должно быть больше. Этимъ обстоятельствомъ объясняется непригодность системы затопленія въ мѣстностяхъ съ уклономъ болѣе чѣмъ 0,002. Гребень валиковъ дѣлается шириною въ 0,30 с., а высота имъ дается 0,10—0,15 с. Валики при этомъ располагаются такъ, чтобы гребень нижележащаго былъ на одной высотѣ съ подошвою верхняго. Затѣмъ каждая площадка такими же валиками ограждается съ боковъ. Вода (фиг. 199) напускается въ площадку, пока слой у валика не станетъ на 0,02 с. ниже гребня. На случай переполненія



чека (площадки), въ валикъ прорѣзывается и укрѣпляется широкій (по расчету) водосливъ въ 0,02 с. высоты отверстія. Когда воду надо спустить всю, валикъ прорывается и вода перепускается изъ чека въ чекъ.

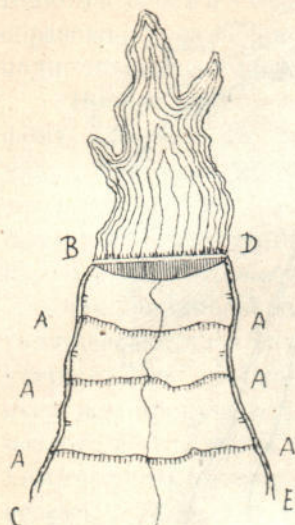


Фиг. 199.

Искусственное затопленіе удобопримѣнимо въ поймахъ небольшихъ рѣчекъ или ручьевъ, для чего поперекъ долины насыпаются дамбы *АА* (фиг. 200). Въ этомъ случаѣ ручей замѣняетъ собою водоотводную канаву, а водопроводныя канавы проводятся по наивысшимъ точкамъ долины *BC* и *DE*. Подобнаго типа пруды устраиваются въ



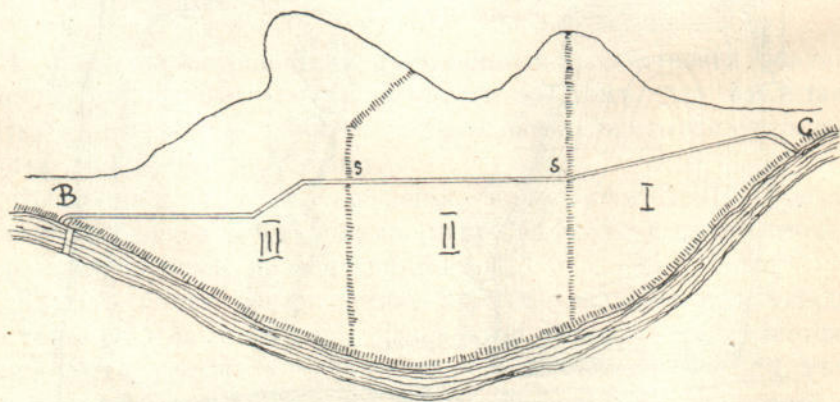
Курляндіи для цѣлей рыбоводства. Удерживая цѣлый годъ воду въ одномъ или нѣсколькихъ участкахъ, ими пользуются для выращивания рыбы, потомъ вода спускается и участокъ превращается въ лугъ или пахоть.



Фиг. 200.

Орошеніе затопленіемъ пригодно для луговъ съ водопроницаемою почвою. Для этого вдоль рѣки насыпается дамба (фиг. 201), отъ которой отходятъ поперечныя, раздѣляющія лугъ на бассейны. Линія гребня должна идти горизонтально и должна упираться въ возвышенную часть долины. Самый поливъ производится такъ: водоспускъ *C* закрывается, а водопріемный плюзъ *B* открывается, тогда вода направляется къ нижнему *I* бассейну и затопляетъ его; послѣ этого запирають затворъ *S* и наполняютъ *II* бассейнъ, а затѣмъ и *III*. Вода нѣкоторое время до достаточнаго увлаженія держится въ бассейнахъ, а потомъ спускается обратно въ рѣку.

Это орошеніе для луговъ имѣетъ ту хорошую сторону, что оно просто и при немъ хорошо отстаивается взмученный водою илъ, но имъ надо пользоваться только весною, такъ какъ при затопленіи легко



Фиг. 201.

появляются сорные травы изъ сем. ситниковыхъ (осоки) и изъ сем. гречишныхъ (щавель). Весною на лугу можно держать воду въ теченіе нѣсколькихъ дней, а если почва мерзлая, то и недѣли полторы. Слой воды, который держится на лугу, не долженъ быть выше 0,15 саж. Этою цифрою опредѣляется высота поперечныхъ плотинъ, зависящая также и отъ уклона луга. Такъ, если разность высоты точекъ отъ *B*



до  $C$  равна, напр., 0,50 саж., то на каждую из трех дѣлянок приходится  $0,50 : 3 =$  около 0,16 саж., и плотинка должна равняться этой высотѣ плюс 0,15 (слой воды), итого 0,31 саж., прибавляя на запасъ 0,04 саж., имѣемъ полную высоту плотинки 0,35.

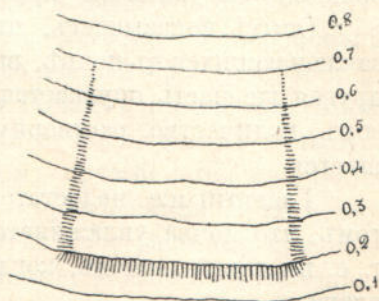
Затопленіе примѣняется также и въ случаяхъ кольматированія почвы, т. е. когда является надобность путемъ осажденія ила выровнять или поднять поверхность участка. Съ этою цѣлью участок обносится дамбами, которыя удерживаютъ мутную, напр., рѣчную воду; затѣмъ, когда илъ осядетъ, или дѣлаютъ въ дамбахъ прорывъ или открываютъ заранѣе приготовленный сливъ и осторожно спускаютъ отстоявшуюся воду. Операцию эту повторяютъ до тѣхъ поръ, пока цѣль кольматажа будетъ достигнута, т. е. пока или не поднимется низина, или не заровняется яма, водороина и т. п.

Къ системѣ затопленія относится такъ называемый лиманный способъ орошенія. Онъ состоитъ въ томъ, что участокъ затопляется водою отъ таянія снѣга, которая задерживается земляными дамбами, образующими неглубокій бассейнъ или лиманъ. Въ этомъ бассейнѣ вода задерживается нѣсколько дней, а затѣмъ спускается черезъ водоспускъ.

Средняя высота слоя воды въ лиманѣ рекомендуется въ 0,25 с., тогда на верхней границѣ лимана она равна нулю, а слѣдовательно на нижней—у дамбы будетъ 0,50 с.

По даннымъ г. Жилинскаго, чтобы оросить лиманами одну десятину, требуется площадь водосбора въ 40 десятинъ (если уклонъ мѣстности не больше 0,004), а количество зимнихъ осадковъ 50 миллиметровъ, и 25 десятинъ при осадкахъ, въ 90 миллиметровъ.

Самое устройство лимана состоитъ въ томъ, что на нижней границѣ его насыпается дамба немного выше того максимальнаго слоя, какой предположено держать въ лиманѣ. Гребень дамбы дѣлается шириною въ 0,50 с. и долженъ быть строго горизонтальнымъ по всей его длинѣ. Дойдя до граничныхъ точекъ, дамба поворачиваетъ валами вверхъ по линіямъ скатовъ, замыкая такимъ образомъ лиманъ съ боковъ. Гребень валоу, начинаясь на поверхности нижней дамбы, идетъ горизонтально и сходитъ „на нѣтъ“ на той горизонтали, относительная высота которой равна высотѣ дамбы (фиг. 202). Поэтому чѣмъ меньше уклонъ мѣстности, тѣмъ получается большій лиманъ; наиболѣе подходящимъ для лимана считается уклонъ въ 0,0001. Валу и въ особенности дамбы соединяются съ землею глинянымъ замкомъ.



Фиг. 202.



Въ дамбѣ устраивается водоспускъ съ затворами; отверстіе водоспуска разсчитывается обычнымъ способомъ. Водоспускъ долженъ имѣть прочный флютбетъ и шпунтовую стѣнку подъ порогомъ.

Кромѣ простого лиманнаго орошенія существуетъ еще ярусное (такъ называемое **орошеніе путемъ дериваціи весеннихъ водъ**). Поверхность участка при этомъ раздѣляется рядами дамбъ на нѣсколько ярусовъ или террасъ такъ, чтобы одна терраса была на 0,50 с. ниже другой. Въ дамбахъ устраиваются щитовые затворы съ флютбетомъ (или прокладываются трубы). Вода сначала поступаетъ въ верхній лиманъ, изъ него перепускается въ нижележащій, затѣмъ въ третій и т. д., по минованіи надобности вода выпускается въ рѣку или оврагъ. Этотъ способъ напоминаетъ орошеніе чеками, только тамъ вода приводится изъ источника каналомъ, а здѣсь она получается исключительно отъ таянія снѣга на водосборѣ.

При ярусномъ расположеніи лимановъ боковые валы сводятся не „на нѣтъ“, а упираются въ дамбу вышележащаго лимана, средній слой воды на площади лимана держится вдвое тоньше, чѣмъ при лиманѣ простомъ.

Этотъ способъ даетъ возможность равномернѣе увлажнить весь участокъ, нежели въ простомъ лиманѣ, гдѣ увлажняется только  $\frac{3}{4}$  всей площади. Къ числу преимуществъ этого способа надо отнести также и то, что вслѣдствіе раздѣленія участка на ярусы напоръ воды на дамы слабѣе, почему имъ можно придавать меньшіе размѣры и болѣе простое устройство.

Вообще же лиманное орошеніе самое дешевое и простое. Особенное примѣненіе оно находитъ въ степныхъ сѣнокосахъ. Это же орошеніе съ успѣхомъ примѣняется въ солончакахъ.

Опытъ показываетъ, что послѣ каждаго затопленія часть солей заключающихся въ почвѣ, вымывается и уносится водою при ея спускѣ, другая же часть опускается внизъ, въ глубокіе слои, и, такимъ образомъ, количество растворимыхъ солей въ почвѣ постепенно уменьшается.

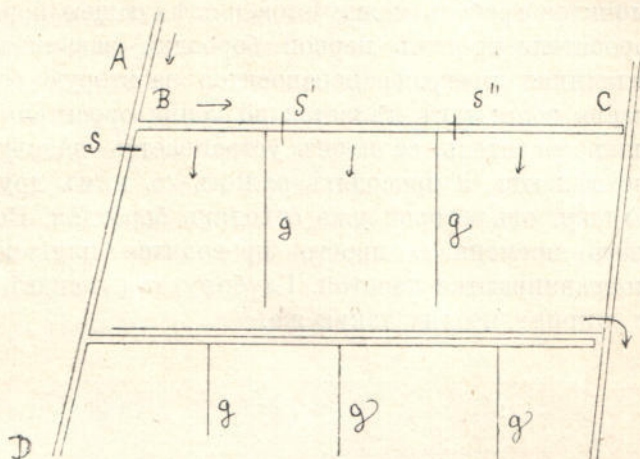
Главный же недостатокъ лиманнаго орошенія заключается въ томъ, что почва увлажняется всего одинъ разъ и притомъ весною, т. е. въ такой періодъ, когда въ почвѣ еще не тронуты запасы зимней влаги.

**II. Орошеніе разливомъ или напускомъ** отличается отъ предыдущаго тѣмъ, что вода, разлитая по участку, не стоитъ на немъ неподвижно, а течетъ по наклону, постепенно просачиваясь въ почву. Эта, самая совершенная изъ всѣхъ, оросительная система требуетъ большой тщательности въ устройствѣ. Поливная площадь должна быть спланирована, бугры сръзаны, ямы и впадины засыпаны, всѣ каналы, валики и борозды должны быть исполнены аккуратно, а уклоны должны быть выражены правильно и ясно. Всѣ эти работы, въ особенности плани-



ровка, конечно сильно удорожаютъ цифру первоначальныхъ затратъ на устройство *правильнаго* орошенія.

Орошеніе разливомъ можетъ быть примѣнено при большомъ (до 0,02) уклонѣ мѣстности и производится двоякимъ способомъ: 1) когда вода пускается по участку *сплошнымъ*, тонкимъ и равномернымъ слоемъ и — 2) когда вода протекаетъ отдѣльными струями по *бороздкамъ*. Въ первомъ случаѣ вода



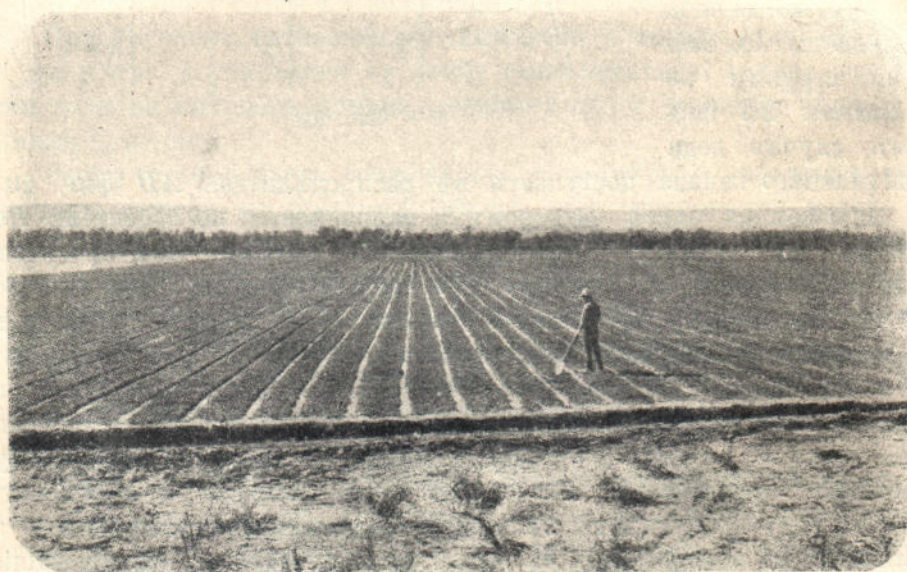
Фиг. 203.

изъ главнаго канала поступаетъ въ распредѣлитель *AD* (фиг. 203) и, задержанная здѣсь затворомъ *S*, направляется по оросителю *BC*, который въ точкѣ *S'* перегораживается щитомъ. Изъ оросителя вода выпускается на участокъ или черезъ прорѣзы, дѣлаемые лопатой, или прямо переливается черезъ край канавы. Чтобы вода разливалась равномерно, отъ оросителя вдоль по скату дѣлаютъ валики *g* черезъ 2—5 саж. одинъ отъ другого. Когда часть площади, ограниченной валикомъ, полита, тогда щитъ переносятъ на слѣдующую точку *S''*, и такъ постепенно поливаютъ весь участокъ; обслуживаемый оросителемъ *BC*, послѣ чего затворъ *S* переносятъ дальше, воду пропускаютъ въ нижерасположенный ороситель и т. д. Излишняя не впитавшаяся въ почву вода стекаетъ въ нижележащій ороситель или же въ особую, расположенную по низовымъ точкамъ, отводную канаву. Способъ этотъ съ успѣхомъ примѣняется на лугахъ или поляхъ, засѣянныхъ травами, корни которыхъ скрѣпляютъ почву и предохраняютъ ее отъ размыва. Для другихъ же растений, при значительномъ уклонѣ, а также при легкой почвѣ, этотъ способъ непримѣнимъ.

Наиболѣе совершеннымъ является орошеніе по бороздкамъ. Съ этою цѣлью посѣвъ дѣлается такъ, чтобы рядки шли или перпендикулярно оросителямъ или, при большомъ (около 0,01) уклонѣ, наискось. Затѣмъ, когда посѣвъ уже сдѣланъ, между рядками на разстояніи 0,15—0,25 саж. окучникомъ проводятъ бороздки, глубиною около 0,03 саж., а въ оросителяхъ противъ каждой бороздки дѣлаютъ прорѣзы. Вода напускается изъ оросителя въ каждую бороздку поочередно, такимъ способомъ: за первую бороздкою ороситель перегора-



живается или лопатой, поставленной поперекъ, или заваливается землей и вода течетъ тихою струею по бороздкѣ (фиг. 204), пока не промочится гребень между этою и слѣдующею бороздкою. Тогда прорѣзъ оросителя противъ первой бороздки заваливается землею, а лопата или иная преграда переносится за вторую бороздку, куда и поступаетъ вода; такъ дѣлается до конца оросителя. Иногда, чтобы сохранить ороситель, если онъ устраивается надолго, прорѣзовъ въ немъ не дѣлаютъ, а проводятъ рядомъ съ нимъ другую, вспомогательную канаву, отъ которой уже отходятъ бороздки. Вспомогательная канавка, какъ временная, просто проводится плугомъ и потомъ бока ея подравниваются лопатой. Глубину этой канавѣ даютъ около 0,10 саж. и ширину по дну такую же.



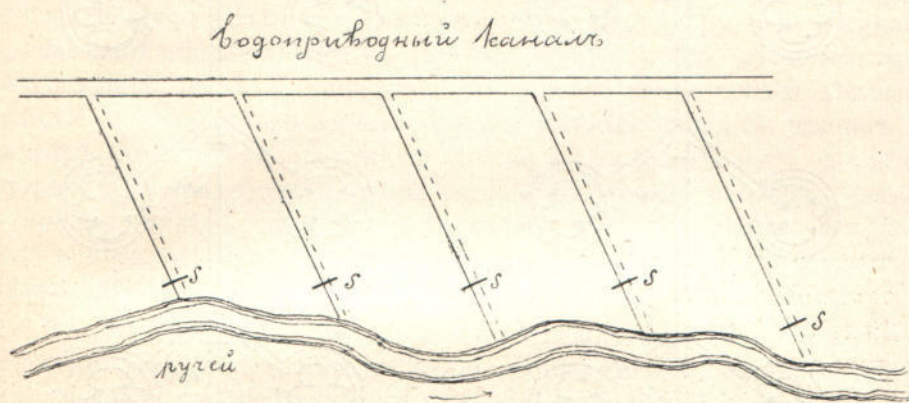
Фиг. 204.

Орошеніе разливомъ съ большимъ успѣхомъ примѣняется также и на лугахъ. Какъ и при орошеніи затопленіемъ, лугъ дѣлится поперечными дамбами на бассейны (фиг. 201) и отдѣляется отъ рѣки продольною дамбою. Сначала вода напускается въ нижній I бассейнъ и затопляетъ его, затѣмъ то же дѣлается со II и наконецъ съ III бассейномъ. Послѣ того, какъ III бассейнъ будетъ достаточно увлажненъ, вода вновь пускается въ тотъ же III бассейнъ и въ это же время въ поперечныхъ дамбахъ открываются имѣющіеся для этой цѣли затворы: наполнивъ III бассейнъ, вода переходитъ во II, далѣе—въ I и отсюда уже выпускается въ рѣку. Этотъ непрерывный токъ свѣжей воды, богатой раствореннымъ въ ней кислородомъ, способствуетъ развитію растеній и окисленію питательныхъ веществъ значительно полнѣе,



чѣмъ при стоячей водѣ. Обыкновенно поливъ продолжается часа 3—4 въ зависимости отъ состоянія и характера луговыхъ растений.

**III. Система подпочвеннаго орошенія инфильтраціей.** Если вода несетъ много ила, а растенія должны быть политы чистою водою, или же если горизонтъ оросительной воды находится ниже поверхности земли, то мѣстность прорѣзывается рядами канавъ, въ которыя напускается вода. Просачиваясь черезъ дно и стѣнки канавъ и нигдѣ не выступая на поверхность, вода смачиваетъ подпочву и поднимается къ верхнимъ слоямъ силою волосности. Задача подпочвеннаго орошенія заключается въ томъ, чтобы на пространствѣ между канавами не было мѣста съ влажностью, меньшею 12% (эта влажность является предѣльною для успѣшнаго развитія растительности).



Фиг. 205.

Горизонтъ воды въ канавахъ держится отъ поверхности ниже того слоя почвы, гдѣ развивается главная масса корней. Эта система наиболѣе подходяща для луговъ, гдѣ тѣ же каналы въ сырое дождливое лѣто являются осушительными, для чего только открываютъ шлюзы *S* (фиг. 205).

Вода примѣняется или стоячая, или проточная. Въ первомъ случаѣ каналы ведутъ по горизонталямъ: вода напускается до определенной глубины и держится сутокъ двое, а потомъ спускается на сторону. Если же примѣняется вода текучая, то каналы проводятся по скату наискось, чтобы дать водѣ очень медленное движеніе.

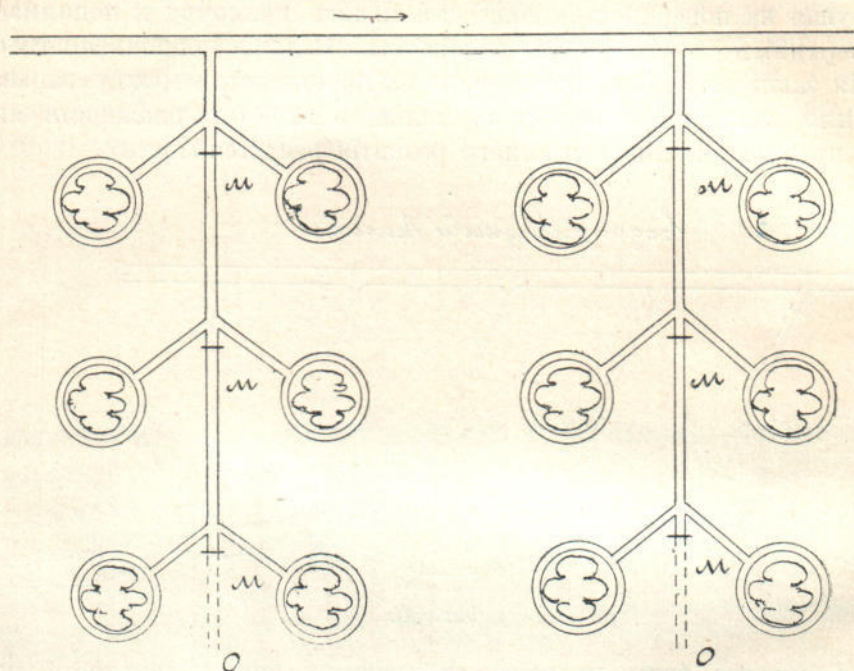
Разстояніе между канавами дѣлается въ 2 саж. и болѣе, это зависитъ главнымъ образомъ отъ свойствъ почвы и въ каждомъ частномъ случаѣ должно быть опредѣляемо опытнымъ путемъ по содержанію влажности.

Орошеніе инфильтраціей непримѣнимо въ томъ случаѣ, когда грунтовая вода располагается очень глубоко, такъ какъ потеря воды, просачивающейся сквозь дно, тогда весьма велика.



## Орошение фруктовых садовъ.

Оросители *ОО* (фиг. 206) проводятся параллельно рядамъ деревьевъ посрединѣ между рядами. Къ каждой парѣ деревьевъ направо и налево отъ оросителей отходятъ борозды и огибають дерево кольцомъ по очертанію кроны, такъ какъ въ этомъ мѣстѣ находится наибольшая масса тончайшихъ развѣтвленій корневой системы. Перегоро-



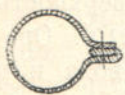
Фиг. 206.

дивъ щитомъ ороситель въ *М*, пускають воду сразу къ двумъ деревьямъ, и, какъ только образуется водяное кольцо, боковыя борозды заваливаются землею, а щитъ переносится къ слѣдующей парѣ деревьевъ. Если на поливку употребляютъ холодную колодезную воду, то прежде, чѣмъ пустить къ деревьямъ, надо ее сначала выдержать въ какомъ-нибудь резервуарѣ.

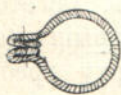
Способъ этотъ требуетъ подходящаго рельефа и большого количества воды, поэтому примѣнимъ не всегда. По большей части сады поливаются изъ трубъ, проведенныхъ подъ землею съ кранами въ различныхъ частяхъ сада. Къ кранамъ привинчивается рукавъ, по которому вода поступаетъ къ дереву. Само собою разумѣется, что вода должна находиться подъ напоромъ, для чего резервуаръ устанавливается выше самой высокой точки сада. Дорого стоящія желѣзныя трубы съ успѣхомъ замѣняются подвижными брезентовыми рукавами. Рукава эти инженеръ Сладковъ рекомендуетъ дѣлать такъ:



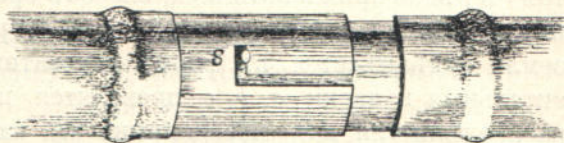
брезентъ рѣжется на полосы шириною сотокъ въ 10. Крайнія полосы имѣютъ кромку и складываются такъ, какъ на фиг. 207, а полосы, вырѣзанныя въ серединѣ, складываются по фиг. 208 и затѣмъ крѣпко



Фиг. 207.



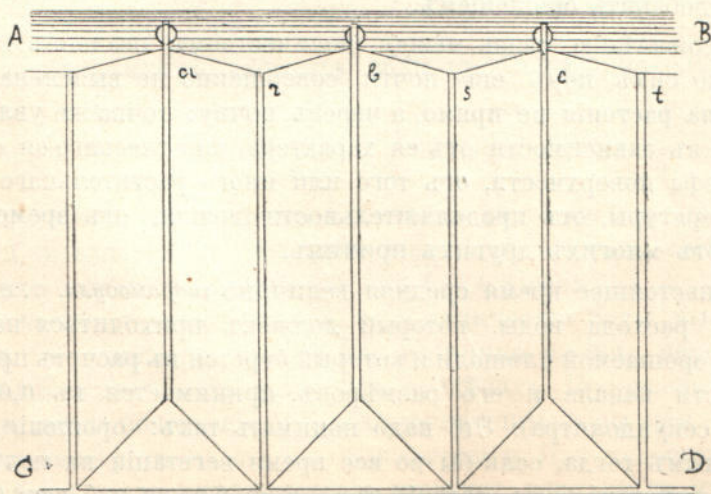
Фиг. 208.



Фиг. 209.

прошиваются дратвою. Части рукава соединяются втулками, для чего изъ плотнаго листового желѣза дѣлается трубка длиною въ 4 вершка, а діаметромъ одинаковымъ съ діаметромъ рукава; на одномъ концѣ трубки дѣлается утолщеніе, на которое надѣвается рукавъ и крѣпко привязывается шпагатомъ; на другомъ концѣ трубки дѣлается прорѣзъ въ видѣ буквы Г (фиг. 209). Для другого конца рукава дѣлается такая же трубка, только вмѣсто прорѣза имѣется на концѣ шпикъ S. Діаметръ этой трубки наружный долженъ соответствовать діаметру внутреннему предыдущей, такъ, чтобы эта трубка свободно вошла въ предыдущую, а шпикъ S прошелъ по Г-образному прорѣзу. Для герметичности втулка раза три обертывается брезентомъ и туго обматывается бечевою.

Посредствомъ рукавовъ поливать деревья надо также водяными кольцами, расположенными по линіи кроны; нельзя допускать, чтобы вода касалась шейки дерева, потому что въ этомъ мѣстѣ кора размягчается, а затѣмъ подѣйствіемъ солнечныхъ лучей быстро высыхаетъ, растрескивается и на ней образуются ранки.



Фиг. 210.



### Орошение двускатными гребнями.

Самый совершенный, но и самый дорогой по устройству, а потому и рѣдко примѣняющійся, способ орошенія посредствомъ двускатныхъ гребней встрѣчается изрѣдка въ огородахъ. Для этого поверхность земли обдѣлывается въ формѣ двускатныхъ крышъ (фиг. 210). Оросительныя канавки *a, b, c* проводятся по верху гребней, вода изъ распредѣлителя *AB*, переполнивъ эти канавки, переливается черезъ край и течетъ по наклону плоскостей, а затѣмъ собирается въ водотводныя канавы *r, s, t* и потомъ стекаетъ въ общій коллекторъ *CD*.

Поперечный уклонъ грядъ дѣлается тѣмъ большій, чѣмъ рыхлѣе грунтъ, линія же гребня по длинѣ должна быть совершенно горизонтальною. Длина грядъ доходить до 20 сажень, а ширина меньше 2 саж. не дѣлается.

### § 7. Расчетъ оросительныхъ системъ.

Количество потребной для орошенія воды находится въ зависимости отъ метеорологическихъ факторовъ, отъ характера почвы и подпочвы, отъ времени года, отъ системы орошенія, отъ способа обработки почвы и вида ея поверхности, наконецъ, отъ рода воздѣлываемыхъ растений.

Если бы величина урожая прямо зависѣла отъ количества выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ, то, взявъ разницу въ осадкахъ наиболѣе урожайнаго и неурожайнаго годовъ, можно было бы опредѣлить недостающее количество воды для даннаго года, которое надо было бы добавить орошеніемъ.

Къ сожалѣнію, связь между количествомъ осадковъ и высотой урожая до сихъ поръ еще почти совершенно не выяснена. Осадки вліяютъ на растенія не прямо, а черезъ почву; почва же увлажняется дождями въ зависимости отъ ея характера, физическаго ея состоянія, отъ рельефа поверхности, отъ того или иного растительнаго покрова, отъ температуры, отъ продолжительности дождя, отъ времени выпаденія и отъ многихъ другихъ причинъ.

Въ настоящее время средняя величина *гидромодуля*, т. е. того секунднаго расхода воды, который долженъ приходиться на каждую десятину орошаемой площади и который берется въ расчетъ пропускной способности канала и его размѣровъ, принимается въ 0,00006 куб. саж. ( $\frac{2}{3}$  секундолитра). Это надо понимать такъ: орошеніе было бы достаточнымъ тогда, если бы во все время вегетаціи на полѣ имѣлся непрерывный токъ воды, дающій въ секунду 0,00006 куб. саж. ( $\frac{2}{3}$  литра) на каждую десятину. Слѣдовательно, взявъ растительный періодъ въ



100—120 дней и умноживъ на 0,00006, найдемъ то количество воды, которое требуется для поливки одной десятины, именно:

при 100 дняхъ  $0,00006 \times 60 \times 60 \times 24 \times 100 =$  около 500 куб. саж.

при 120 „  $0,00006 \times 60 \times 60 \times 24 \times 120 =$  около 600 куб. саж.

Итакъ, если бы весь поливной участокъ состоялъ только изъ одной десятины и если бы поливка производилась непрерывно въ теченіе четырехъ мѣсяцевъ, то главный водопроводный каналъ долженъ былъ бы пропускать въ секунду только 0,00006 куб. саж., но обыкновенно все потребное для орошенія количество воды употребляется за 2—3 полива, и слѣдовательно размѣры канала даже и для одной только десятины должны быть значительно большими.

Рѣшимъ такой вопросъ: каковы должны быть размѣры канала для орошенія 50 десятинъ, считая на поливъ 100 куб. саж.

Всего на 50 десятинъ требуется:

$$100 \times 50 = 5000 \text{ куб. саж.}$$

Къ этому надо прибавить отъ 25 до 50% потерь на просачиваніе, которое тѣмъ больше, чѣмъ длиннѣе водопроводный каналъ и чѣмъ сложнѣе—болѣе развита сѣтъ канавъ, т. е. чѣмъ больше орошаемая площадь.

Взявъ для нашего случая 25%, имѣемъ:

$$5000 + 1250 = 6250$$

Предположимъ, что вся поливка будетъ продолжаться 5 дней, по 10 часовъ ежедневно, тогда въ часъ каналъ долженъ пропустить

$$6250 : (5 \times 10) = 125 \text{ куб. саж.,}$$

а въ секунду

$$\frac{125}{60 \times 60} = \text{около } 0,04 \text{ куб. саж.}$$

Задавшись затѣмъ скоростью воды въ 0,2 саж., находимъ живое сѣченіе

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{0,04}{0,2} = 0,2$$

Взявъ отношеніе ширины канала по дну  $b$  къ глубинѣ воды  $h$  какъ 4:1 и задавшись глубиною воды  $h$  въ 0,2 саж., имѣемъ при одинарныхъ откосахъ ширину по дну  $b = 0,8$  саж.

Что касается нормы полива, т. е. количества воды, выпускаемой каналомъ за одинъ пріемъ, то это величина крайне неустойчивая, измѣняющаяся въ самыхъ широкихъ предѣлахъ. При назначеніи этой величины легко впасть въ двѣ крайности—дать воды или слишкомъ мало, или наоборотъ—дать ее съ избыткомъ. При недостаткѣ оросительной воды результаты орошенія сводятся, если не къ нулю, то во всякомъ случаѣ они ничтожны. Въ случаѣ же избыточнаго орошенія



кромѣ общаго уменьшенія урожая и бесполезной растраты такого цѣннаго капитала, какъ вода, происходитъ неизбежное поднятіе грунтовыхъ водъ; корни растений подтопляются и постепенно отмираютъ: это особенно рѣзко проявляется на фруктовыхъ деревьяхъ. Дальнѣйшій вредъ поднятія грунтовыхъ водъ выражается въ заболачиваніи хорошихъ почвъ и въ поднятіи въ верхніе питательные горизонты вредныхъ солей, при этомъ, однакоже, если грунтовые воды залегаютъ глубоко, на 5—6 саж., засоленія не происходитъ. Съ цѣлью предупрежденія заболачиванія и засоленія устраивается какъ стокъ поверхностныхъ водъ открытыми канавами, такъ и отводъ инфильтрационныхъ водъ притѣненіемъ дренажа (см. ниже). Въ тѣхъ же цѣляхъ предупрежденія засоленія нельзя для поливки употреблять воду при содержаніи въ ней солей болѣе 0,2‰.

Изъ практики оросительнаго дѣла въ тѣхъ странахъ, гдѣ давно существуетъ ирригація, выведено слѣдующее соотношеніе между различными культурами и поливкой.

1) *Зерновые хлѣба* принадлежатъ къ растениямъ съ малымъ испареніемъ и требуютъ сравнительно немного воды. Орошаются различно—затопленіемъ, разливомъ и по бороздкамъ. Озимые въ обычное лѣто поливаются 2 раза; первый предпосѣвный поливъ заканчивается за недѣлю до посѣва въ августъ; второй—въ началѣ колошенія въ маѣ, и только, если очень сухая весна, дѣлается третій поливъ—въ концѣ колошенія, недѣли за 3 до уборки. Болѣе трехъ поливовъ для зерновыхъ дѣлать нельзя, чтобы не вызвать загниванія корней. На поливъ расходуется отъ 100 до 300 куб. саж. Яровые поливаются 1—2 раза; первый поливъ предпосѣвный,—второй во время кущенія—въ маѣ; если весною влаги достаточно, предпосѣвный поливъ не дѣлается. На поливъ дается 200—300 куб. саж.

2) *Свекла* поливается разливомъ и по бороздкамъ. Всего требуется на орошеніе 1 дес. отъ 500 до 800 куб. саж. Гидромодуль для свеклы такой же, какъ и для зерновыхъ, т. е. 0,0006 и, хотя общее количество оросительной воды требуется для нея большее, но это потому, что вегетативный періодъ у свеклы длиннѣе—до 5 мѣсяцевъ. Поливокъ дѣлается 3—4.

3) *Картофель* выгоднѣе орошать больше, такъ какъ это увеличиваетъ урожай клубней. Наиболѣе подходящимъ считается около 600 куб. саж., раздѣленныхъ на возможно большее (до 10) число поливовъ. Орошеніе дѣлается по бороздкамъ.

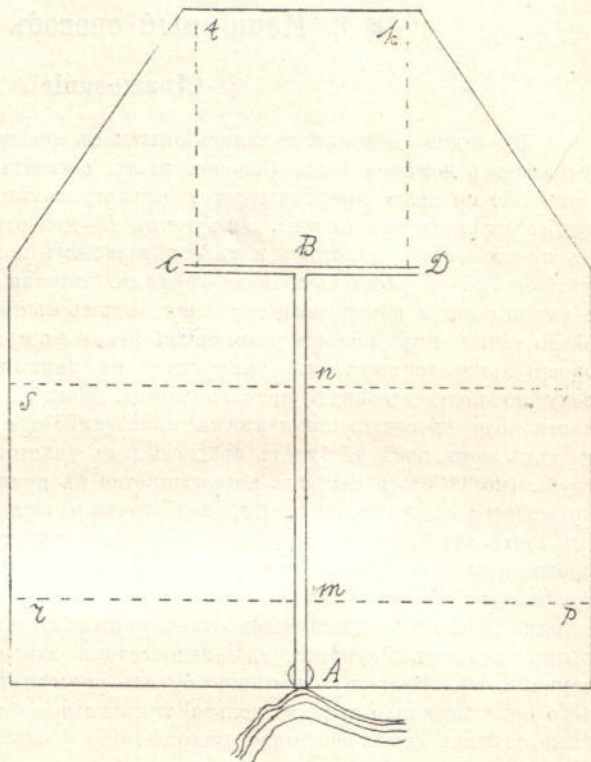
4) *Кукуруза*. Первый поливъ предпосѣвный и затѣмъ, въ теченіе вегетаціи еще раза 3—4. На поливъ по бороздкамъ расходуется около 100 куб. саж.

5) *Травы*—клеверъ и люцерна орошаются затопленіемъ, заливными площадками. Люцерна поливается съ весны, а затѣмъ, въ за-



зависимости отъ числа укосовъ, какъ передъ нимъ, дней за 5 за 6, такъ и послѣ каждаго изъ нихъ, но не раньше, чѣмъ люцерна отойдетъ и дастъ новые листочки; поливъ раньше этого можетъ погубить всю траву. Вообще люцерна очень чувствительна къ поливу, и держать ее подъ водою больше 3 часовъ нельзя. На поливъ расходуется по 125 <sup>150</sup> саж., всего же на десятину расходуется около 900 куб. саж. Ни одно изъ культурныхъ растений не требуетъ такого большого количества воды, какъ люцерна. Клеверъ поливается такимъ же количествомъ, т. е. по 125 саж. разъ 6 за лѣто.

6) *Въ огородахъ* орошеніе ведется всѣми способами: затопленіемъ, разливомъ, бороздками, инфильтраціей и двускатными гребнями. Не всѣ огородныя растенія одинаково водолюбивы; есть между ними такія, которыя не выносятъ непосредственнаго соприкосновенія съ водою, напр., огурцы, дыни, капуста, и такія растенія нельзя поливать затопленіемъ. Огороды поливаются все лѣто—отъ посѣва до уборки. Гидромодуль огородовъ выше другихъ, именно онъ около 0,0001, т. е. на десятину въ періодъ вегетаціи расходуется около 1000 куб. саж.



Фиг. 211.

7) *Въ садахъ* при орошеніи кольцами расходуютъ на каждое дерево въ одинъ поливъ до 50 ведеръ; трубами—значительно меньше. Поливовъ дѣлаютъ 3 (въ Крыму—до 7). Первый разъ поливаютъ послѣ образованія завязи, второй—къ началу образованія плодовъ и третій—послѣ снятія плодовъ для лучшаго развитія и вызрѣванія почекъ для слѣдующаго года.

8) *Лука* создаются орошеніемъ и качество луга находится въ прямой зависимости отъ степени его орошаемости, поэтому для орошенія луговъ требуется гораздо больше воды, чѣмъ для пахотныхъ полей. Слѣдуетъ луга поливать какъ до уборки, такъ и послѣ нея,



но какъ прекращать орошеніе надо за недѣлю до сѣнокоса, такъ и возобновлять поливъ — спустя недѣлю послѣ сѣнокоса. На поливъ расходуется около 100 куб. саж.

## § 8. Машинный способ орошенія.

### (Дождеваніе).

Въ недавнее время начались опыты съ новымъ способомъ орошенія, такъ называемымъ дождеваніемъ. Способъ этотъ состоитъ въ томъ, что отъ водоема *A* (фиг. 211) по полю прокладывается магистральная труба *AB*. Въ точкахъ *m* и *n* трубы имѣются крестовины, а въ точкѣ *B*—два отвѣтвленія *BC* и *CD* съ кранами. Къ крестовинамъ, а потомъ и къ отвѣтвленіямъ прикрѣпляются переносныя трубы, снабженныя въ разныхъ точкахъ кранами. Сначала къ крестовинѣ *m* прикрѣпляется и укладывается переносная труба *mp*, затѣмъ къ первому крану переносныхъ трубъ около точки *m* при помощи резиновыхъ рукавовъ пристраивается особаго устройства оросительная телѣжка, она приводится въ движеніе рабочими и разбрызгиваетъ воду по полю въ видѣ мелкаго дождя. Послѣ достаточнаго увлаженія одной части поля оросительная телѣжка присоединяется къ слѣдующему крану и т. д. до тѣхъ поръ, пока не будетъ орошенъ весь участокъ по лѣвую сторону переносной трубы; послѣ этого телѣжка перебѣгается на правую сторону той же трубы, прикрѣпляется къ крайнему крану, около точки *p*, а затѣмъ подвигается къ магистральной (къ точкѣ *m*). Когда до этой точки телѣжка дойдетъ, тогда труба *mp* снимается и прокладывается въ направленіи *mq*. Здѣсь продѣлывается то же самое, а потомъ труба снимается и укладывается по линіи *ns* и *nf*, далѣе по отвѣтвленію *Dk* и наконецъ *Cl*. Способъ этотъ выработанъ примѣнительно къ климатическимъ и почвеннымъ условіямъ Германіи, гдѣ недостатокъ влаги бываетъ лишь временнымъ и случайнымъ. Насколько успѣшно будетъ примѣненіе дождеванія у насъ, пока ничего опредѣленнаго сказать нельзя, такъ какъ до сихъ поръ въ этомъ направленіи было сдѣлано еще очень мало опытовъ.

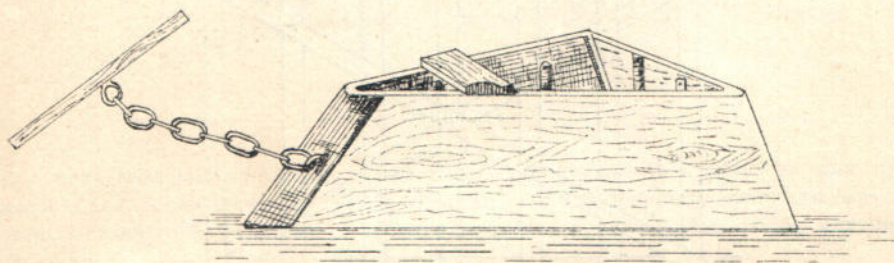
## § 9. Увлажненіе почвы.

Въ засушливыхъ мѣстностяхъ сдуваніе накопившагося за зиму снѣга и бесполезный стокъ весеннихъ водъ производятъ большой ущербъ для сельскаго хозяйства, а между тѣмъ искусственное задержаніе влаги посредствомъ простыхъ и дешевыхъ способовъ увлажнительныхъ работъ можетъ значительно повысить урожайность полевыхъ культуръ. Главное отличіе увлажнительныхъ работъ отъ оросительныхъ заключается въ томъ, что при орошеніи вода приводится на орошаемый участокъ каналомъ съ нѣкотораго разстоянія, а при увлажненіи используются осадки непосредственно мѣстные. Поэтому и лиманный способъ орошенія можетъ быть отнесенъ къ увлажненію. Не будучи столь совершенными, какъ оросительныя устройства, увлажнительныя работы въ значительной степени обезпечиваютъ урожай хлѣбовъ въ засушливые годы.



Способовъ задержанія снѣга примѣняется нѣсколько, именно: проведеніе по горизонталямъ валиковъ, устройство снѣжныхъ бороздъ, постановка снѣжныхъ зашитъ и пр.

Устройство валиковъ состоитъ въ томъ, что осенью на полѣ, по горизонталямъ проводятся плугомъ борозды и подправляются лопатой такъ, чтобы образовались валики, вышиною вершковъ въ 4—6. Чѣмъ чаще будутъ проведены валики, тѣмъ лучше. Валики задерживаютъ не только снѣгъ, но и талую весеннюю воду, сбѣгающую по склону, которая такимъ образомъ и впитывается въ землю.



Фиг. 212.

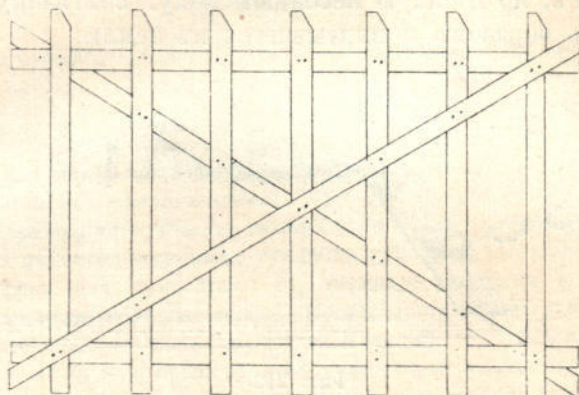
Проведеніе снѣжныхъ бороздъ дѣлается особымъ, очень простымъ, деревяннымъ плугомъ (снѣгопашкой). Онъ представляетъ изъ себя треугольный ящикъ, удлиненной формы (фиг. 212); длина его 0,66 с., ширина въ задней части 0,50 саж. Стѣнки суживаются кверху, чтобы плугъ не раздвигалъ снѣгъ, а ломалъ. Передній уголъ обивается желѣзомъ; спереди пристраиваются постромки для запряжки, а наверху для сидѣнія укрѣпляется доска. Въ плугъ впрягаютъ 3—4 лошадей и пахоту начинаютъ, какъ только поле покроется снѣгомъ вершка на 4. Борозды проводятъ черезъ 3—4 саж. вдоль и поперекъ—въ клѣтку. Плугъ ломаетъ снѣгъ и поворачиваетъ его рядами глыбъ. Когда клѣтки будутъ занесены метелями, пахоту повторяютъ еще раза два за зиму. Такимъ способомъ достигается то, что снѣгъ остается на полѣ и не сносится въ овраги.

Наиболѣе успѣшнымъ способомъ накопленія снѣга является постановка снѣговыхъ загражденій. Въ простѣйшемъ случаѣ саженъ черезъ 10—20 устанавливаются на полѣ ряды хвороста; съ этою же цѣлью оставляютъ на зиму стебли кукурузы или подсолнуха по два въ рядъ. Но лучше всего для задержанія снѣга пользоваться драневыми щитами, сходными съ тѣми, какіе примѣняются на желѣзныхъ дорогахъ для защиты отъ заносовъ (см. фиг. 213).

Дѣйствіе этихъ щитовъ таково: когда вѣтеръ встрѣчаетъ на своемъ пути преграду — рѣшетчатый щитъ, то сила его ослабѣваетъ и большая часть снѣга, несомого вѣтромъ, отлагается на землѣ въ сугробъ, который тѣмъ длиннѣе, чѣмъ больше отношеніе площади



прозоровъ (просвѣтовъ) къ площади всего щита; такъ, напр., при площади прозоровъ (какъ на жел. дор.) въ 25—50% общей площади щита образуется сугробъ въ 12—27 высотъ щита, кромѣ этого и впереди щита намечается сугробъ въ 3—7 высотъ щита. Для цѣлей увлажнения слѣдуетъ щиты брать въ 0,50 саж. вышиною при ширинѣ отъ 0,5 до 1 саж. съ площадью прозоровъ отъ 50 до 70%, тогда получается ровный, пологій сугробъ, длиною до 15 саж.



Фиг. 213.

Щиты привязываются къ кольямъ, устанавливаемымъ по полю еще съ осени по линіи перпендикулярной къ вѣтрамъ, сопровождающимся метелями. Разстояніе между рядами щитовъ опредѣляется суммою длинъ сугробовъ, какъ передъ щитомъ, такъ и за нимъ, равною 35—50 высотамъ щита. Когда щиты занесены на  $\frac{3}{4}$  высоты, ихъ вынимаютъ изъ сугроба и ставятъ на образовавшійся наносъ.

## § 10. Кяризы.

Совершенно въ сторонѣ отъ рассмотрѣнныхъ ирригаціонныхъ устройствъ стоятъ гидротехническія сооруженія, устраивающіяся въ цѣляхъ орошенія и водоснабженія туземцами Средней Азіи и Закавказья и называющіяся кяризами.

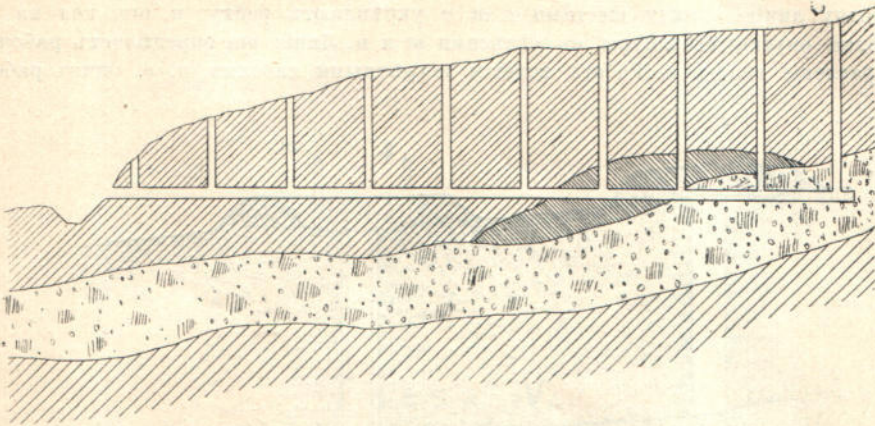
Это рядъ колодезѣвъ, прорытыхъ по линіи ската и соединенныхъ между собою подземною галлереею. Колодцы роются для вентиляціи и для подъема выбранной изъ галлерей земли, а галлерей служатъ для собиранія и проведенія подпочвенной воды, такъ что однимъ концомъ галлерей входитъ въ водоносную породу, а другимъ выходитъ на дневную поверхность въ канаву (арыкъ) (фиг. 214).

Колодцы роются на разстояніи отъ 2 до 20 с., чѣмъ тверже грунтъ и чѣмъ опытнѣе рабочіе—тѣмъ рѣже.

Галлерей кяризовъ дѣлаются не выше 0,50 с. и не шире 0,20 с. съ уклономъ 0,002 до 0,005.

Первый отъ устья колодезь долженъ имѣть глубину не менѣе 0,75 с., потому что, кромѣ высоты галлерей въ 0,50 с., надо надъ нею оставить цѣликъ, толщиною не менѣе 0,30 с. во избѣжаніе обваловъ.



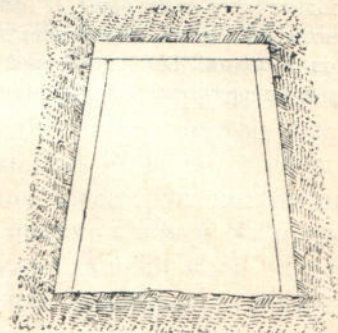


Фиг. 214.

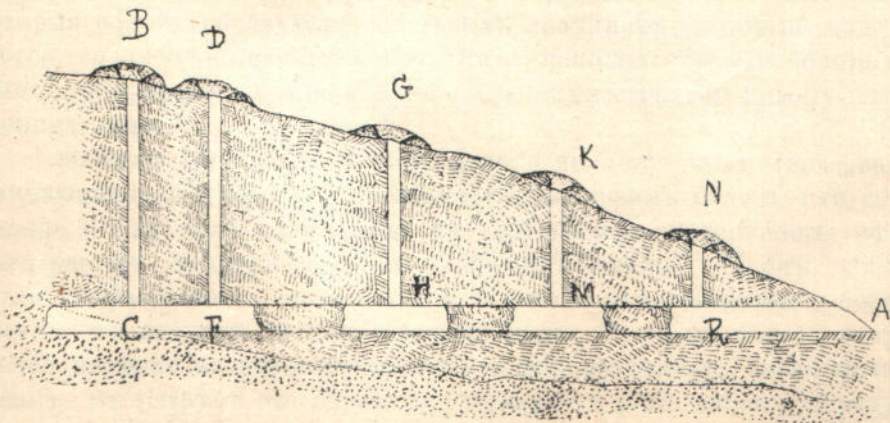
Если галлерея проходит въ мягкихъ, непрочныхъ породахъ, то для предохранения ея отъ обрушенія примѣняется крѣпленіе изъ дверныхъ окладовъ (фиг. 215), которые ставятся одинъ около другого, почти безъ промежутковъ, чтобы получилась сплошная крѣпь.

Работа кяриза, въ общихъ чертахъ, ведется такъ: въ точкѣ *B* (фиг. 216) роется колодезь *BC* до водоноснаго горизонта, заранѣе опредѣленнаго. Отступивъ отъ перваго колодца вправо саженъ на 10—15, роютъ другой *GH*, а въ 2-хъ саженяхъ отъ *B* роютъ третій колодезь *DE*. Какъ второй, такъ и третій колодцы не доводятъ до водоноснаго пласта, а даютъ имъ такую глубину, чтобы дно ихъ соответствовало намѣченному уклону 0,002 или 0,005. Такъ роются и слѣдующіе колодцы *KM* и *NR*, послѣ чего приступаютъ къ работѣ галлерей въ ея водопроводной части *CA*.

Для опредѣленія направленія галлерей подъ землею поступаютъ слѣдующимъ образомъ: ставятъ три вертикальных шеста *a*, *b* и *c* (фиг. 217)



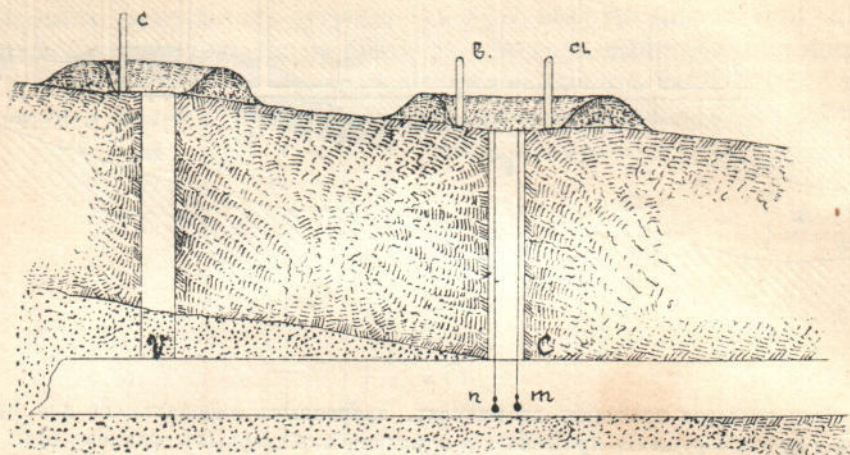
Фиг. 215.



Фиг. 216.



въ одну линію. между шестами *a* и *c* укрѣпляютъ рейку и отъ нея на дно колодца опускаютъ шнуры съ отвѣсами *m* и *n*. Линія *m* опредѣляетъ рабочему направленіе галлерей. Работа ведется встрѣчными забоями, т. е. одинъ рабочій



Фиг. 217.

подвигается со стороны *H* (фиг. 216), а другой—со стороны *M*, пока оба не встрѣтятся, при чемъ, подвигаясь впередъ, рабочій долженъ видѣть позади себя свѣтъ отъ колодца. Въ водосборной части галлерей *VC* работа идетъ однимъ забоемъ, т. е. впередъ, такъ какъ иначе мѣшалъ бы притокъ воды.



## Глава IV.

### ОСУШЕНИЕ.

#### § 1. Заболачиваніе почвы.

Растенія страдаютъ какъ отъ недостатка влаги, такъ и отъ избытка ея отъ того, что въ почву съ чрезмѣрною влажностью не проникаетъ воздухъ, столь необходимый для жизни растенія. Если грунтовая вода близка, то это является опаснымъ для растенія какъ потому, что корни будутъ подтапливаться и будутъ лишены воздуха, такъ и потому еще, что поднимающаяся по капиллярамъ соль можетъ вызвать солончаковую корку и это совершенно убьетъ растеніе. Когда грунтовые воды располагаются на глубинѣ 0,25—0,35 саж., на поляхъ появляются представители болотной растительности — мхи, осоки, хвощи и др. Луга, гдѣ уровень грунтовыхъ водъ находится менѣе аршина отъ поверхности, считаются мокрыми.

Болота по ихъ происхожденію раздѣляются на надводныя или моховыя (иначе высокія) и подводныя или травяныя (иначе—низинныя). Моховыя болота образуются на такихъ впадинахъ, которыя подстилаются водонепроницаемымъ грунтомъ; наполняются эти болота водами атмосферныхъ осадковъ, не имѣющихъ стока и потому здѣсь застаивающихся.

Главнымъ растеніемъ такихъ болотъ является мохъ (*Sphagnum*), отличающійся огромною влагоемкостью. По краямъ болота, гдѣ воды меньше и гдѣ часть ея стекаетъ на окружающую поверхность, сфагнумъ растетъ медленнѣе, чѣмъ посрединѣ болота, гдѣ онъ, увеличиваясь и разрастаясь, поднимается, отчего и вся поверхность болота принимаетъ вздутый, куполообразный видъ. Такія же болота встрѣчаются нерѣдко на возвышенностяхъ и водораздѣлахъ, давая начало рѣкамъ. Въ разрѣзѣ это болото представляетъ рядъ слоевъ, чередующихся въ слѣдующемъ порядкѣ: верхній живой слой, за нимъ—слой



отжившихъ растений, далѣе—торфяной слой, при чемъ болѣе спѣлый торфъ находится ниже; за торфомъ располагается слой песка съ примѣсью органическихъ веществъ, сообщающихъ песку сѣро-свинцовый цвѣтъ; затѣмъ находится ортштейнъ <sup>1)</sup> и все подстилается свѣтложелтымъ пескомъ. Часто песокъ и ортштейнъ отсутствуютъ, и ниже торфа залегаетъ илъ, а подъ нимъ свинцово-сѣрая, вязкая глина. Моховые торфяники, обладающіе большою влагоемкостью, очень трудно поддаются осушенію; наиболѣе подходящими для этой работы являются такія, у которыхъ сфагнумовый слой не больше 1 аршина и если онъ подстилается луговымъ торфомъ или почвою.

Низинныя, травяныя болота образуются вдоль рѣкъ съ излучистымъ тихимъ теченіемъ. Лежатъ они выше уровня рѣки, такъ что вода попадаетъ въ болото только въ половодье, но стечь въ рѣку обратно не можетъ, будучи отдѣлена отъ рѣки какимъ-нибудь незначительнымъ бугромъ. Заболачиваніе начинается съ появленія камышей, осоки, ситника, рогозы и проч.; скорость теченія рѣки уменьшается и еще болѣе способствуетъ развитію болотныхъ растений, отмершіе остатки которыхъ являются матеріаломъ для образованія торфа. Влагоемкость такихъ луговыхъ или травяныхъ торфяниковъ значительно меньшая, чѣмъ надводныхъ болотъ, поэтому и осушеніе ихъ достигается легче.

При этомъ, если уклонъ рѣки значителенъ, то усиленная осушка можетъ быть даже вредною, при маломъ же уклонѣ, въ равнинныхъ рѣкахъ, гдѣ воды выходятъ изъ береговъ, осушеніе необходимо.

Заболачиваніе рѣчныхъ поймъ (фиг. 218) можетъ быть прекращено расчисткою рѣки или спрямленіемъ извилистаго русла. Первоначально же и самую простою мѣрою борьбы съ заболачиваніемъ является скапываніе водяныхъ растений, затрудняющихъ теченіе.

Если озеро не имѣетъ стока, то оно также превращается въ болото. Торфообразовательная растительность въ такомъ болотѣ прежде всего появляется у береговъ. Середина обыкновенно бываетъ покрыта листьями бѣлой кувшинки и сюда надвигаются съ береговъ корни водяныхъ сочныхъ растений, увеличивая постепенно толщину коры. На поверхности такого болота появляется сначала мохъ и трава, затѣмъ, съ теченіемъ времени, осоки и клюква, далѣе береза, а иногда и сосна.

Но послѣдняя представляетъ жалкое, уродливое существо; стволъ ея корявый, узловатый, покрытый лишаями, годовыя кольца чрезвычайно тонкія, и столѣтнее дерево имѣетъ въ діаметрѣ вершокъ при высотѣ въ 2 аршина.

<sup>1)</sup> Ортштейнъ представляетъ изъ себя камень, образовавшійся отъ цементировки перегноемъ и окисью желѣза песчинокъ. Онъ вполне непроницаемъ для воды, бываетъ до того твердъ, что его не беретъ лопата, но на воздухѣ быстро вывѣтривается. Подъ ортштейномъ всегда находится песчаный грунтъ.



По большей части грунтъ такихъ болотъ зыбкій, трясущійся; въ нихъ встрѣчаются очень опасныя оконца, не заросшія вплотную и только слегка прикрытыя обманчивою зеленью.

Подобныя же болота образуются и по заглохшимъ русламъ рѣкъ.

Мельничныя плотины, дорожныя насыпи и мосты, подпирая рѣчную воду, также являются причиною заболачиванія.



Фиг. 218.

Глубина болотъ, т. е. вертикальное разстояніе отъ поверхности до твердаго грунта, доходитъ до 5 и болѣе сажень. О степени глубины и густоты болота можно отчасти судить по растительности: противъ глубокихъ мѣстъ болото обыкновенно покрыто однимъ желтымъ мхомъ, по мѣрѣ же уменьшенія глубины и увеличенія густоты появляются травы, кустарники и наконецъ деревья.

Если по картѣ Европейской Россіи провести линію отъ Царства Польскаго на Кіевъ, Калугу, Оку, Каму, Бѣлую, то на югъ отъ этой границы будутъ сухія мѣста, лѣсовъ мало и болота въ большинствѣ случаевъ по поймамъ рѣкъ. Къ сѣверу страна совершенно иного характера: огромныя пространства хвойныхъ лѣсовъ, среди нихъ—сотни, тысячи десятинъ сфагнумовыхъ, торфяныхъ болотъ. Лѣса до того болотисты, что тамъ селятся по берегамъ рѣкъ, гдѣ—суше. Въ Полѣсьи заболачиванію способствуютъ условія рельефа, такъ, р. Припять имѣетъ очень слабый уклонъ и поэтому незначительную скорость теченія



Она не успѣваетъ сдать всѣхъ своихъ водъ Днѣпру и, когда тамъ еще не было сдѣлано осушительной канализаціи, воды застаивались и затопляли прирѣчные луга до августа.

Болота не только отнимаютъ у человѣка полезную площадь земли, но, охлаждая климатъ, дѣлаютъ его чрезвычайно влажнымъ, сырымъ и нездоровымъ: поэтому осушительныя работы преслѣдуютъ двоякую цѣль: увеличеніе площади и улучшеніе санитарныхъ условий. Обѣ цѣли осуществляются двояко: 1) осушеніемъ открытыми канавами, отводящими какъ верхнюю, такъ и почвенную воду, и 2) осушеніемъ закрытыми канавами (дренажъ), собирающими только подземную воду.

## § 2. Осушеніе открытыми канавами.

Если по заболоченному пространству провести сѣть канавъ, то онѣ будутъ перехватывать воду, сбѣгающую на поверхность болота, и такимъ образомъ въ почву просочится воды уже меньше.

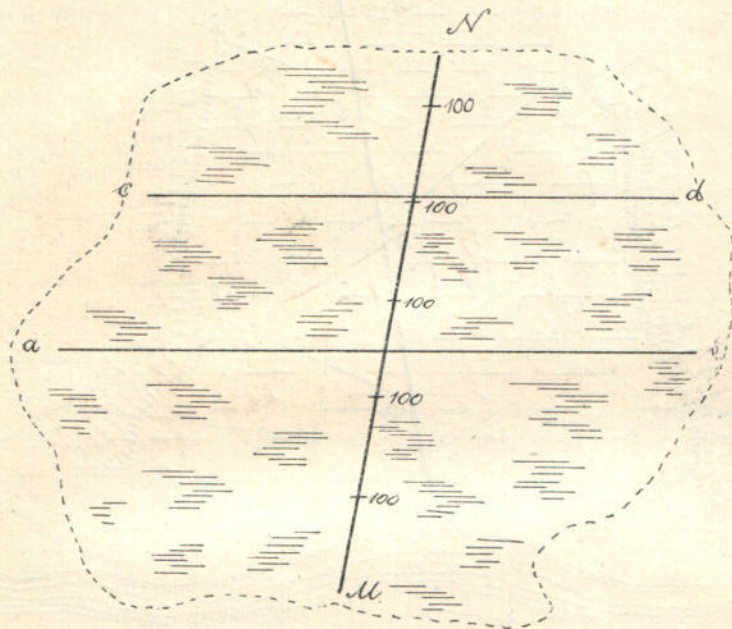
Какъ только канавы прорыты, естественный ходъ жизни болота нарушается: весенняя талая вода отводится канавами въ сторону; на освобожденныхъ отъ воды мѣстахъ идетъ испареніе болѣе быстрое, чѣмъ съ поверхности, пропитанной водою, наконецъ, на просохшемъ грунтѣ появляются сладкія травы, содѣйствующія дальнѣйшему осушенію.

Основная задача осушительной техники заключается въ устраненіи вреднаго избытка воды, покрывающей мѣстность и пропитывающей почву, и въ созданіи этимъ путемъ благопріятныхъ условий, необходимыхъ для потребностей культурныхъ растений. Задача эта сводится къ весьма серьезному вопросу: до какой глубины воду слѣдуетъ считать излишнею, а слѣдовательно, насколько надо понизить уровень грунтовки, чтобъ почва была высушена, но не пересушена, такъ какъ пересушка болотной почвы вызываетъ ея распыленіе и трудность въ дальнѣйшемъ возстановить ея плодородіе. Принято считать, что уровень подземной воды для культурныхъ луговъ долженъ быть на 0,30—0,40 саж. отъ поверхности.

Изысканія, предшествующія осушительнымъ работамъ, состоятъ изъ съемокъ, нивелировокъ и геологическихъ развѣдокъ. Если болото невелико, то нивелировку ведутъ вокругъ болота сомкнутыми полигонами, но обыкновенно нивелируются болота, взявъ осевую линію хода по видимой или предполагаемой линіи наименьшаго ската, а если этого сдѣлать нельзя или линія наименьшаго ската не выясняется, то ось *MN* (фиг. 219) пробиваютъ по плану по наибольшему протяженію болота. Пикеты берутся черезъ 100 саж., а сажень черезъ 250 пробиваются поперечныя линіи *ab*, *cd* отъ одного края болота до другого. Очень топкія болота обходятся вокругъ сомкнутыми



полигонами и все же, насколько возможно, съ поперечными ходами. Глубина залеганія торфяного слоя и свойства подстилающаго грунта опредѣляются на каждомъ пикетѣ зондировкой, а для выясненія горизонта грунтовыхъ водъ производятъ поверхностное буреніе. Если изслѣдуется заболоченность рѣчной поймы, то основная ходовая линія направляется вдоль русла рѣки, къ ней въ поперечномъ направленіи берутся линіи, пересекающія пойму, а на встрѣчающіяся болота про-



Фиг. 219.

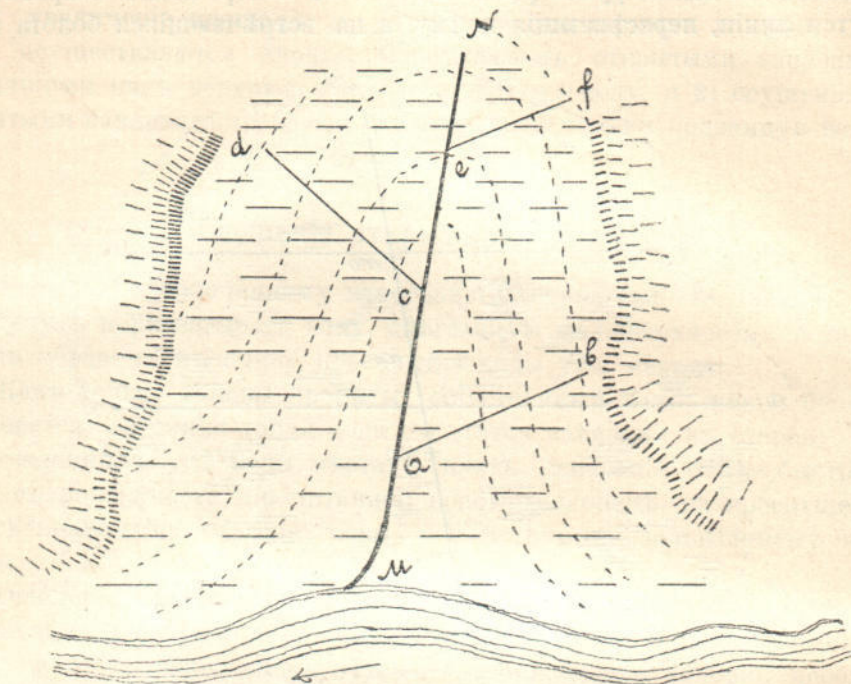
водятся вѣтви. По основной линіи опредѣляется уклонъ рѣки, поперечными—рельефъ поймы, а вѣтви даютъ понятіе о характерѣ болотъ и ихъ положеніи относительно рѣки.

Результатомъ изысканій является нивеллирный планъ съ изображенною на немъ ситуаціею мѣстности и съ горизонталями какъ поверхности, такъ и дна болота; горизонтالي обыкновенно проводятся черезъ 0,10 саж. За предѣлами же осушаемой площади выясняется нивелировкой возможность спуска воды изъ канавъ въ какой-либо водопріемникъ, напр., въ рѣку; затѣмъ, необходимо опредѣлить въ ней горизонтъ высокихъ водъ, чтобы убѣдиться, что вода изъ рѣки не пойдетъ въ канаву, а также достаточны ли размѣры рѣки для того, чтобы въ ней помѣстилась вода изъ болота, и не вызоветъ ли такой спускъ воды новаго затопленія и заболачиванія.

По составленному такимъ образомъ плану и профилямъ проектируется осушительная сѣть. Проектируя расположеніе и размѣры осушительной канализаціи, необходимо помнить, что вся задача осуши-



тельной техники заключается въ томъ, чтобы вытянуть воду изъ осушаемой почвы и отвести ее каналомъ къ некоторому водопріемнику, при чемъ та влажность, которая останется на осушенной площади, должна быть какъ разъ въ той степени, какая нужна и полезна для культивируемыхъ тамъ растений.



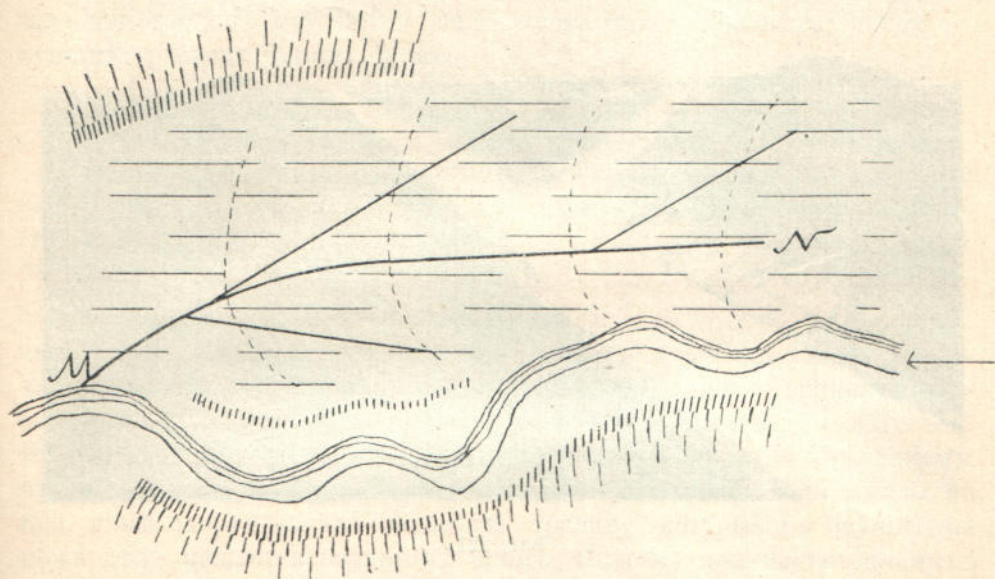
Фиг. 220а.

Сначала, по самымъ низкимъ мѣстамъ назначается главный или магистральный каналъ (фиг. 220 а и b) MN, впадающій своею нижнею частью въ рѣку. Въ нѣкоторыхъ болотахъ остаются слѣды загложившихъ рѣчекъ, въ этомъ случаѣ линия канала ведется по ихъ руслу, какъ по линіи наименьшаго ската. Назначеніе магистрального канала составляетъ наиболѣе трудную задачу проектированія осушительной сѣти, потому что самая незначительная ошибка, самое маленькое упущеніе весьма вредно отражаются на полезномъ дѣйствіи сѣти, способствуя разстройству, заиленію и зарастанію канавъ. Трудность еще обусловливается часто недоступностью болотъ, нерѣдко покрытыхъ большимъ слоемъ воды, и зыбучестью ихъ верхняго покрова, затрудняющею правильную установку нивеллира.

Магистральный каналъ надо стараться вести насколько возможно прямолинейно и держась общаго направленія проходящаго по болоту потока, не слѣдуетъ однако вести каналъ по всѣмъ извилинамъ, чтобы такимъ образомъ не увеличивать длину, а слѣд. не уменьшать



уклона. Повороты надо дѣлать подъ угломъ, не меньшимъ  $120^\circ$ , плавно закругляя ихъ при этомъ радіусами не менѣе 20 саж. Затѣмъ, надо каналъ проектировать въ торфѣ, обходя и избѣгая нерѣдко встрѣчающіеся въ торфяныхъ болотахъ песчаные бугры. Песокъ, даже и при двойномъ откосѣ канала, подмывается водою снизу и образуетъ обвалы. Устье магистральнаго канала въ предупрежденіе наносовъ слѣдуетъ вводить въ рѣку или даже и въ сухую долину по теченію послѣдней такъ, чтобы съ линіею теченія образовывался уголъ отъ  $20^\circ$  до  $60^\circ$ .



Фиг. 220b.

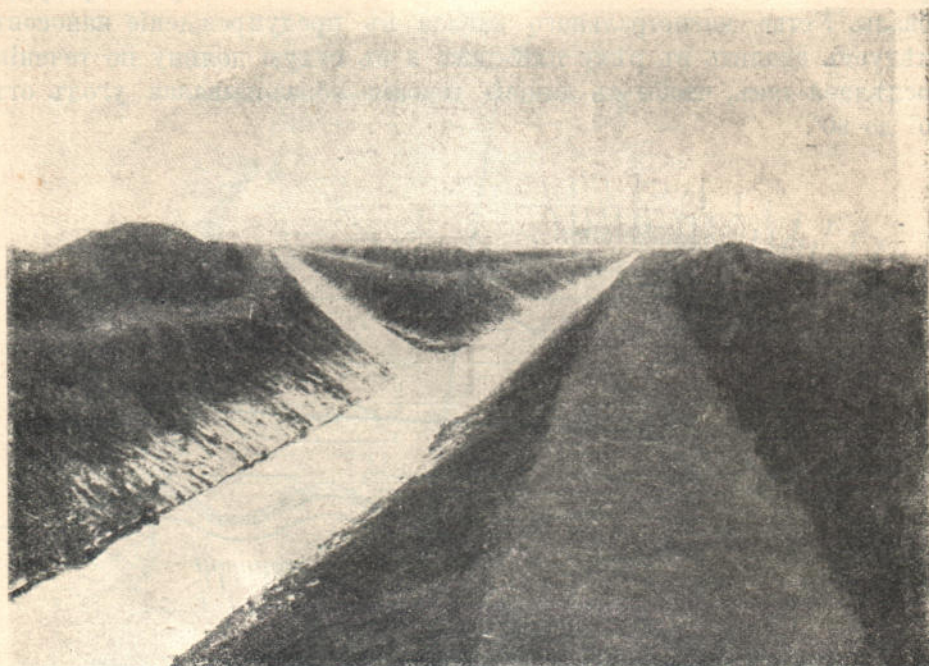
Чтобы во время весенняго разлива вода изъ рѣки не попадала въ каналъ, на немъ ставится водоспускъ или шлюзъ со щитами, которые при половодьи закрываются, въ обыкновенное же время, когда уровень воды въ каналѣ выше горизонта воды въ рѣкѣ, щиты держатся открытыми. Здѣсь умѣстно примѣненіе автоматическихъ щитовъ; вяжутся они, какъ обыкновенныя ворота или двери и укрѣпляются въ стойкахъ на шарнирныхъ петляхъ. При этомъ щиты должны быть настолько легки и подвижны, чтобы поддавались давленію потока въ каналѣ; при поднятіи же уровня въ рѣкѣ вода прижимаетъ щитъ къ четвертямъ, выбраннымъ въ сваяхъ, и не проходитъ въ каналъ.

Только въ маленькихъ или узкихъ болотахъ можно ограничиться проведеніемъ одной канавы; обыкновенно же кромѣ главнаго магистральнаго канала *MN* (фиг. 220) проводятся впадающія въ нее второстепенныя *ab*, *cd*, *ef* (фиг. 220 и 221) или осушительныя канавы;



иногда къ послѣднимъ добавляются еще верховыя канавки, такъ наз. стрѣлки.

Необходимо помнить, что осушеніе канавами возможно только въ томъ случаѣ, если болото имѣетъ уклонъ не менѣйшій 0,0001.



Фиг. 221.

Такъ какъ всю совокупностью осушительной сѣти вода съ заболоченной поверхности поступаетъ въ магистральный каналъ, то размѣры его должны быть таковы, чтобы онъ въ любомъ сѣченіи могъ пропустить весь заданный и опредѣленный для данной площади расходъ. Расчетъ отверстія канала рѣдко ведется по формулѣ Кестлина на ливневые воды; это дѣлается только въ незначительныхъ случаяхъ да когда болото невелико и когда оно узкое; большею же частью для расчета принимается осушительный гидромодуль  $= 0,00004$  куб. саж. съ десятины въ секунду (0,35 секундолитровъ съ гектара), т. е. принимается, что пропускная способность канала должна быть такова, чтобы въ секунду съ каждой десятины площади было спущено 0,00004 куб. саж. Умноживъ эту величину на число десятинъ водосбора, найдемъ требуемый для канала секунднй расходъ  $Q$ . Вышеприведенная величина осушительнаго гидромодуля берется при водосборѣ сравнительно небольшомъ, въ одну—двѣ сотни десятинъ, если же водосборъ измѣряется тысячами десятинъ, то гидромодуль долженъ быть уменьшенъ до 0,00001.



Иногда расчетъ ведется на осадки. Такъ, пусть  $A$  максимальное мѣсячное количество осадковъ на площади  $P$ , тогда, задаваясь числомъ сутокъ, напр., 20, въ какое это количество осадковъ должно быть отведено съ болота, имѣемъ секунднѣй расходъ канала

$$Q = \frac{A \cdot P}{20 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}.$$

Есть еще способъ расчета по максимальному слою стоянія воды на болотѣ. Пусть, напр.,  $h$  есть наибольшая высота воды, стоящей на поверхности болота, напр., въ весеннее время, и предположимъ, что мы задаемся срокомъ—15 днями для спуска этого слоя воды, тогда секунднѣй расходъ канала будетъ:

$$Q = \frac{h \cdot P}{15 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}.$$

Найдя тѣмъ или инымъ расчетомъ величину секунднаго расхода канала  $Q$ , задаемся скоростью  $V$  или 0,40 саж. для крѣпкаго стойкаго грунта (торфъ) или 0,10—для слабаго (илъ). Тогда, подставивъ  $Q$  и  $V$  въ основную формулу гидравлики

$$Q = Fv,$$

найдемъ площадь живого сѣченія канала  $F$ . Затѣмъ задаемся одинарными откосами для торфа или полуторными для суглинка и подбираемъ размѣры дна, глубины канала и гидравлическій его радиусъ  $R$ . Необходимо при этомъ руководствоваться еще тѣмъ соображеніемъ, что чѣмъ шире дно канавы, тѣмъ менѣ замѣтно движеніе воды въ ней, тѣмъ скорѣе канава зарастетъ травами, которыя въ осушительномъ дѣлѣ являются большимъ зломъ. Поэтому для магистральныхъ каналовъ надо проектировать узкое дно и пологіе откосы.

Когда элементы канала опредѣлены, подсчетъ еще провѣряется по формуламъ Чези и Гаигюллье и Куттера, взявъ для послѣдней коэффиціентъ  $n = 0,03$ , чтобы узнать насколько выбранная скорость согласуется съ уклономъ  $i$ , который назначается въ предѣлахъ отъ 0,00025 до 0,00075, и если по подстановкѣ въ формулу

$$v = c \sqrt{Ri}$$

уклонъ окажется очень большимъ, то скоростью надо задаться меньшею и наоборотъ. Такъ поступаютъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнута нужная согласованность между этими двумя главнѣйшими элементами канавы, и тогда уже окончательно останавливаются на величинѣ живого сѣченія  $F$ , а слѣдовательно и на размѣрахъ глубины и дна канала (приложеніе).

Обыкновенно размѣры магистральныхъ каналовъ выбираютъ въ 0,15—0,30 саж. по дну и отъ 0,50 до 0,60 саж. глубиною на луговыхъ болотахъ и отъ 0,60 до 0,75 на моховыхъ, при чемъ вода задается слоемъ на 0,20—0,30 саж. ниже бровки. Эти размѣры относятся къ



выходной конечной точкѣ канала, въ другой же какой-нибудь точкѣ осушаемой площади, гдѣ расходъ меньшій, и размѣры канала должны быть уменьшены. Слѣдуетъ, насколько возможно, на всемъ протяженіи проектировать каналъ съ одинаковымъ уклономъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ происходятъ или размывы, или заплыванія.

Что касается второстепенныхъ или собственно осушительныхъ канавъ, то выборъ разстоянія между ними зависитъ какъ отъ характера почвы, такъ и отъ тѣхъ культурныхъ задачъ, ради которыхъ производится осушка. При 40% воды суглинокъ, напримѣръ, становится пересыщеннымъ, мокрымъ, и тѣ же 40% уже пересушиваютъ торфъ, вызывая въ немъ увяданіе растений. Если требуется торфяное болото обратить въ сырой сѣнокосъ, то боковыя канавы можно назначать въ разстояніи около 250 саж. одна отъ другой, при глубинѣ канавъ въ 0,50 саж.; для обращенія болота въ лугъ съ посѣвомъ травъ канавы той же глубины назначаются черезъ 150 саж.; для посѣва же хлѣбовъ и огородныхъ овощей остается то же разстояніе—150 саж., но къ канавамъ черезъ 10—20 саж. проводятся стрѣлки по 0,30 саж. глубиною, вообще же на моховыхъ болотахъ назначаютъ наибольшее разстояніе въ 100 саж., а на травяныхъ не больше 500 саж., наконецъ въ лѣсныхъ болотахъ боковыя канавы слѣдуетъ проводить черезъ 50 саж. Боковыя канавы надо проектировать подъ угломъ около  $60^\circ$  къ направленію наибольшаго ската мѣстности, тогда онѣ будутъ перехватывать всю поверхностную воду, въ канавы же, проведенныя по скатамъ, перпендикулярно горизонталямъ, вода не попадаетъ совершенно, уклонъ имъ дается отъ 0,005 до 0,0005.

Эти канавы вообще не рассчитываются, обыкновенно ихъ ширина 0,20—0,30 саж. и глубина не болѣе 0,50 саж. при одинарныхъ откосахъ, или же проводятъ ихъ такой величины, чтобы каждая проводила около 0,01 куб. с. въ секунду. Этимъ послѣднимъ расчетомъ выясняется также и число такихъ канавъ.

Боковыя канавы впадаютъ въ магистральный каналъ подъ угломъ не острѣе  $60^\circ$ . Затѣмъ, при проектированіи осушительной сѣти надо придерживаться слѣдующихъ соображеній:

1) Дно канавъ не должно углубляться ниже слоя торфа, который значительно лучше сопротивляется размыву, чѣмъ глина и песокъ: въ особенности нельзя погружать канаву въ пływунъ, который заноситъ всю канаву.

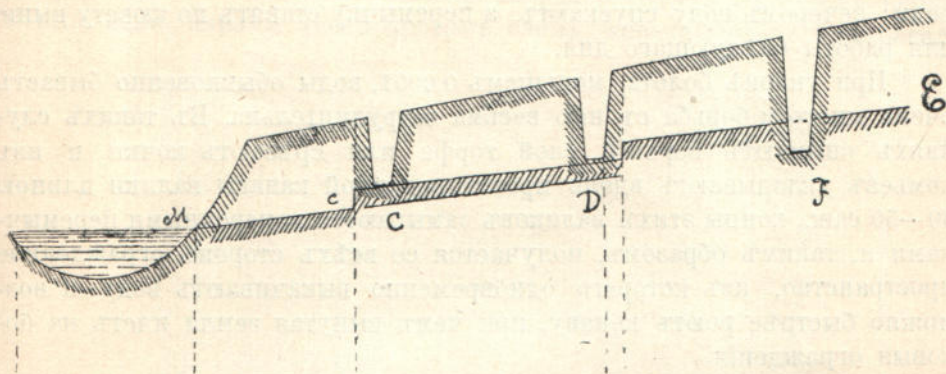
2) Перепадовъ по мѣрѣ возможности надо избѣгать, не дѣлать ихъ выше 0,20 саж. и приурочивать ихъ къ устьямъ боковыхъ канавъ, такъ какъ въ этомъ мѣстѣ приходится дѣлать укрѣпленіе дна и стѣнокъ канавы.

3) Дно боковой канавы нигдѣ, не только въ верховьѣ, но и въ устьѣ не должно быть ниже дна магистрального канала.



4) Если бы дно какой-либо канавы *F* (фиг. 222) оказалось ниже дна канавы магистральной *ЕМ*, то надо понизить дно, какъ магистралю, такъ и всѣхъ канавъ, т. е. *Д* и *С* до перепада *с*, а если перепадовъ нѣтъ, то пониженіе это распространяется на всю сѣть до устья.

Послѣднее обстоятельство указываетъ на то, съ какою осмотрительностью должно вестись проектированіе осушительной сѣти.



Фиг. 222.

Очень полезнымъ является проведеніе тамъ, гдѣ это возможно, нагорныхъ (ловчихъ) канавъ. Ими осушаемый участокъ обводятъ съ верховой стороны съ цѣлью перехватить притекающія къ участку воды съ сосѣднихъ площадей. При наличности нагорныхъ канавъ становится болѣе опредѣленнымъ расчетъ осушительной сѣти, а главной магистрали можно дать меньшіе размѣры, такъ какъ водосборъ ея ограничивается этою же канавою. Рассчитывается эта послѣдняя совершенно такъ же, какъ и магистральная. Ось канавы въ предупрежденіе образованія наносовъ при впаденіи въ тальвегъ или въ рѣку должна образовывать съ послѣднею уголъ не меньше  $120^\circ$  и этотъ же уголъ соблюдается во всѣхъ извилинахъ и закругленіяхъ канавы.

По окончаніи всѣхъ вычисленій и выясненій всѣхъ данныхъ, проектъ переносится въ натуру. Прежде другихъ роются нагорныя (ловчія) канавы, затѣмъ магистральный каналъ и наконецъ—боковыя.

Выемку канавъ слѣдуетъ производить въ наиболѣе сухое время (въ іюль, августъ и до половины сентября), особенно это важно для болотъ, покрытыхъ водою. Прежде всего начинаютъ съ устья и постепенно подвигаются вверхъ противъ уклона, чтобы обезпечить стокъ воды. На первыхъ порахъ, когда главная канава идетъ по торфянику, встрѣчаются большія затрудненія. Чтобы помочь спуску воды, раскапывается жидкій торфъ около русла канавы, выбираются кочки и пни. Затѣмъ, для болѣе дѣятельнаго стока, по оси канавы вынимается канавка (кюветъ) глубиною 8—10 вершковъ. Въ эту канавку уходитъ вода съ ближайшей мѣстности, послѣ чего является возможность копать землю до требуемыхъ размѣровъ.



Если ниже осушаемой мѣстности находится прудъ, который производитъ подпоръ, то его надо спустить.

Когда стѣнки канавы нѣсколько уплотнятся, можно начинать выемку, и чѣмъ шире размѣры канавы, тѣмъ больше шансовъ на успѣхъ. Приступая къ рытью, отмѣриваютъ по кювету величину примѣрно дневной работы и кюветъ перепруживаютъ перемычкой впереди; вечеромъ воду спускаютъ, а перемычку ставятъ по кювету выше для работы слѣдующаго дня.

При уклонѣ болота, меньшемъ 0,0001, воды обыкновенно бываетъ очень много и борьба съ нею весьма затруднительна. Въ такихъ случаяхъ снимаютъ верхній слой торфа или срѣзаютъ кочки и изъ комьевъ укладываютъ вдоль проектированной канавы валики длиною 30—50 саж., концы этихъ валиковъ замыкаются поперечными перемычками и, такимъ образомъ, получается со всѣхъ сторонъ огражденное пространство, изъ котораго одновременно выкачиваютъ воду и возможно быстрѣ роютъ канаву, при чемъ вынутая земля идетъ на боковыя огражденія.

Въ предупрежденіе быстрого заплыванія, по бокамъ канавы забиваются колья, а за нихъ закладываютъ хворостъ, фашины, приваливаютъ и притаптываютъ торфъ, добытый изъ канавъ, и проч. Въ большинствѣ случаевъ за одинъ пріемъ проходятъ не больше какъ на половину проектированной глубины, затѣмъ работу прерываютъ на мѣсяцъ, а еще лучше, если она откладывается до слѣдующаго года; за это время часть воды сбѣжитъ, и работа пойдетъ успѣшнѣе.

Чѣмъ дальше отъ края канавы будетъ отброшена земля, тѣмъ меньшее давленіе испытываютъ ея стѣнки, поэтому вынутую землю слѣдовало бы разбросать по площади болота, но это возможно только при незначительныхъ выемкахъ, въ большинствѣ же случаевъ дѣлаютъ такъ: землю выкидываютъ на обѣ стороны за бровку канавы, а затѣмъ, когда она нѣсколько просохнетъ, ее сбрасываютъ въ кавальеры, т. е. въ валы, при чемъ отъ края бровки до кавальера остается берма въ 0,50 саж. для предохраненія откосовъ отъ обваловъ. Въ кавальерахъ черезъ 10—12 саж. дѣлаются перерывы, и въ нихъ для прохода воды закладываются воронки (фиг. 223) — канавки, шириною по дну и глубиною въ 0,10 саж., а длина ихъ должна заходить въ болото на 1 саж. дальше кавальера.

Проектируя осушительную сѣть, слѣдуетъ сѣченіе канавъ выбирать съ такимъ расчетомъ, чтобы откосы и дно ихъ не требовали укрѣпленія, такъ какъ это сильно удорожаетъ стоимость устройства; однако въ нѣкоторыхъ случаяхъ нельзя обойтись безъ укрѣпительныхъ мѣръ; такими мѣстами являются повороты, устья канавъ, пороги, переломы уклоновъ.

Укрѣпленія дѣлаются самыя простыя — дерномъ, фашинами (фиг. 47), хворостомъ.



Въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтъ болота состоитъ изъ пльвуна или въ особенности когда торфяникъ имѣетъ большую глубину и когда при рытьѣ разжиженная масса выдавливается снизу и съ боковъ, довести канаву до желаемой глубины можно только съ устройствомъ крѣпей (больверковъ). Для этого по обѣимъ сторонамъ канавы на разстояніи 1 саж. забиваютъ до твердаго грунта 3-хъ—4-хъ вершковые сваи парами (свая противъ сваи), перекрываютъ ихъ насад-



Фиг. 223.

ками и черезъ нѣсколько паръ схватываютъ хомутами. Стѣнки дѣлаютъ изъ досокъ или пластинъ, которыя закладываютъ постепенно одна за другою. При надавливаніи сверху доски опускаются, а въ это же время производятъ выемку жидкаго торфа.

Для переѣзда черезъ осушительныя канавы при пересѣченіи ихъ дорогами строятся мосты простой балочной системы (фиг. 224), шириною въ 2—2,50 саж.; пѣшеходные же мостики дѣлаются въ 0,60 саж.



Если осушительныя каналы приспособляются также и для оросительных цѣлей, то на них ставятся водоспуски упрощеннаго типа—безъ стѣнъ и половъ, съ однимъ шпунтовымъ рядомъ, забитымъ на 0,50 саж. ниже дна каналы.



Фиг. 224.

Шпунтъ срѣзается вровень съ бровками каналы, а въ серединѣ его прорѣзается отверстіе, перекрываемое щитами. Водоспуски эти особенно важны въ тѣхъ случаяхъ, когда болото пересушено и надо задержать воду въ каналахъ для увлаженія почвы посредствомъ бокового расасыванія.

Первое видоизмѣненіе въ характерѣ болота по мѣрѣ его осушки выражается тѣмъ, что вода, стоявшая на поверхности и задерживаемая кочками, стекаетъ; горизонтъ почвенной воды также понижается; торфяной пластъ становится тоньше и происходитъ такъ называемая „посадка“ болота. Сначала болото садится вдоль главной каналы, опускаясь къ бровкамъ; съ проведеніемъ же осушительныхъ каналъ посадка распространяется далѣе, и черезъ нѣсколько лѣтъ все болото приобретаетъ ровную поверхность. Если спустя нѣкоторое время окажется, что уровень болота около каналы ниже, чѣмъ общая его поверхность, то это будетъ означать, что болото осушено не вполне и каналы недостаточно извлекаютъ воду. Если же около каналъ будетъ на поверхности застаиваться вода, то это явный признакъ, что каналы вырыты не въ грунтъ или проведены неправильно, напр., не по самымъ низкимъ точкамъ болота.



По мѣрѣ посадки мохового болота на его поверхности появляются пни, которые до осушки были закрыты торфомъ. Кочки на болотѣ исчезаютъ совершенно черезъ 2 года. Водяныя растенія: камышъ, ситники, осоки и др., исчезаютъ уже на слѣдующій годъ послѣ удаленія воды и уступаютъ мѣсто мягкимъ „сладкимъ“ злакамъ (лисохвостъ, манникъ и др.), за злаками идутъ бобовыя, а черезъ 5—6 лѣтъ происходитъ полное измѣненіе растительности и болото дѣлается пригоднымъ не только какъ покосная или лѣсная площадь, но и для культуры полевыхъ и огородныхъ растений.

Спустя нѣкоторое время осушительная сѣть приходитъ въ разстройство, выражающееся измѣненіемъ формы поперечнаго сѣченія и заплываніемъ канавъ. Происходитъ это какъ отъ неизбежной посадки болота, такъ и отъ неправильнаго составленія проекта и неудовлетворительнаго его исполненія, напримѣръ, если слишкомъ малы уклоны, круты повороты, если плохо сдѣланы устья, рѣзкія перемены скоростей, крутые откосы; словомъ, все то, что размываетъ грунтъ, отрываетъ его частицы и отлагаетъ наносы; затѣмъ причиною разстройства является небрежное обращеніе съ канавами населенія, допускающаго въ нихъ мочку льна и конопли, устраивающаго перепруды для переѣздовъ, и растаптываніе стѣнокъ и откосовъ скотомъ. Кромѣ заплыванія, другимъ важнымъ врагомъ канавъ является растительность на днѣ и откосахъ, уменьшающая свободную площадь живого сѣченія канавы и задерживающая муть. Поэтому, чтобы сѣть всегда исправно работала, надо почаще производить ремонтъ канавъ и по мѣрѣ усадки болота восстанавливать проектные размѣры канавъ, какъ въ вертикальномъ, такъ и въ горизонтальномъ направленіяхъ. Затѣмъ, изъ русла надо удалять падающія вѣтви, а также уничтожать запрудки, растительность же выкашивать. Наносъ снимается кюветомъ на „птыкъ“ и такъ, чтобы откосы все время оставались нетронутыми, для чего кюветъ дѣлаютъ съ крутыми стѣнками.

### § 3. Осушеніе закрытыми канавами.

(Дренажъ).

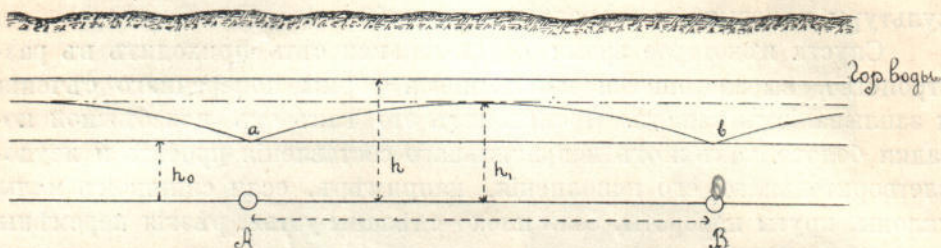
Кромѣ открытой осушительной сѣти, въ нѣкоторыхъ случаяхъ устраивается осушеніе закрытыми канавами или дренажъ.

Слово „дренажъ“ происходитъ отъ англійскаго to drain, т. е. отводить. Дренажъ состоитъ въ томъ, что на нѣкоторой глубинѣ подъ землею укладываются ряды трубокъ малаго діаметра—дрены, въ нихъ собирается вода, просачивающаяся сквозь землю, и направляется въ трубы большаго діаметра—коллекторы, по которымъ затѣмъ спускается въ канавы, овраги, рѣчки и т. п.



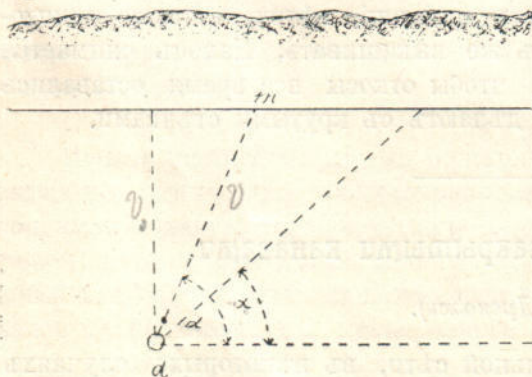
Начало примѣненія дренажа къ земледѣлію относится къ весьма древнему времени. Способ осушенія земли крытыми ровиками, наполненными мелкимъ камнемъ, существовать у римлянъ еще во времена Тиберія, весьма естественно, что римляне этотъ способъ заимствовали у народовъ еще болѣе древнихъ.

Теорія дренажа состоитъ въ слѣдующемъ: если на нѣкоторой глубинѣ ниже горизонта грунтовыхъ водъ будутъ заложены трубки *A* и *B* (фиг. 225), то онѣ нарушатъ равновѣсіе горизонта грунтовой



Фиг. 225.

воды и картина этого нарушенія будетъ такова: частицы воды, наполняющія промежутки почвы, стремясь опуститься внизъ, будутъ давить на нижнія частицы у трубокъ и заставятъ ихъ входить туда <sup>1)</sup>. Какъ только частицы воды попадаютъ въ трубки, въ грунтѣ образуется пустота, которая станетъ замѣщаться вышележащими частицами, и такимъ образомъ горизонтъ грунтовыхъ водъ *ab* начнетъ понижаться, при чемъ частицы воды, прямо расположенныя надъ трубками, опустятся скорѣе, чѣмъ всякія другія. Такъ, если обозначимъ черезъ  $v_0$  скорость движенія частицы воды, непосредственно распо-



Фиг. 226.

ложенной надъ трубкою *a* (фиг. 226), то скорость частицы *m*, направляющейся къ той же трубкѣ, будетъ

$$v = v_0 \sin \alpha,$$

гдѣ  $\alpha$  — уголъ, образуемый линіею *md* съ горизонтомъ, и чѣмъ этотъ уголъ меньше, тѣмъ скорость движенія частицъ воды будетъ болѣе замедленна и тѣмъ и живая сила опускающейся грунтовой воды будетъ меньше.

Слѣдовательно наименьшею скоростью, приближающейся къ нулю, будетъ обладать частица, находящаяся посрединѣ между обѣими трубками.

<sup>1)</sup> Предполагается, что дренажныя трубки имѣютъ такое устройство, которое дѣлаетъ ихъ доступными для воды.



Если бы вода не обладала силою капиллярности, заставляющей ее подниматься между частицами почвы, то линия депрессіи совпала бы съ линіею трубокъ, но дѣйствіемъ этой силы объясняется существованіе особаго слоя почвы надъ трубками, пропитаннаго водою. Толщина этого слоя *во* зависитъ отъ свойствъ (*плотности*) грунта.

Итакъ, дренажъ, заложенный ниже уровня грунтовыхъ водъ, понижаетъ ихъ горизонтъ на  $h-h_0$  надъ трубками и на  $h-h_1$  посрединѣ между ними.

Вліяніе подземнаго дренажа на почву гораздо полнѣе, чѣмъ осушеніе открытыми канавами. Грунтъ, прорѣзанный линіями дренажной воды, разрыхляется подъ вліяніемъ сырости, мороза и высыхания; почва становится пористою и хорошо вентилируется. Раньше просыхая съ поверхности весною, такія почвы скорѣе и прогреваются; корни растений свободнѣе идутъ въ нихъ вглубь, почему не только лучше используются питательныя вещества, но растения и лучше противостоятъ засухѣ, чѣмъ на почвахъ не дренированныхъ. Дренированная глинистая почва въ сухое время и на поверхности не такъ тверда, какъ не дренированная. Кромѣ этого, съ примѣненіемъ дренажа выигрывается площадь, пропадающая подъ открытыми канавами, затѣмъ, дренажъ функционируетъ постоянно, круглый годъ, а каналы на зиму замерзаютъ.

Не всегда, однакоже, дренажъ примѣняется, и замѣнить открытыхъ канавъ онъ не можетъ въ слѣдующихъ случаяхъ: 1) гдѣ нуженъ быстрый отводъ большого количества поверхностной воды, 2) гдѣ уклонъ поверхности меньше минимальнаго уклона, даваемого дренажу (меньше 0,002), и 3) гдѣ нѣтъ такихъ естественныхъ водоемовъ, куда бы можно было спустить дренажную воду и которые бы имѣли меженный горизонтъ не выше 0,60—0,80 саж. отъ поверхности земли. Затѣмъ, въ болотахъ дренажъ не примѣняется потому, что когда болото станетъ осѣдать, то трубки будутъ смѣщаться, перекосятся, выйдутъ изъ непрерывной прямой линіи и перестанутъ дѣйствовать; въ низинныхъ же травяныхъ болотахъ, очень богатыхъ содержаніемъ желѣза, можетъ призойти закупориваніе трубокъ выдѣленіемъ гидрата окиси желѣза.

Дренажъ наиболѣе полезенъ не для мокрыхъ, а для такъ называемыхъ „холодныхъ“ земель т. е. такихъ, которыя находятся въ состояніи избытка влажности. Что же касается тяжелыхъ малопроницаемыхъ почвъ, то дренажъ на нихъ примѣняется только въ нѣкоторыхъ исключительныхъ случаяхъ, напр., въ интересахъ народнаго здравія.

Опредѣлить необходимость дренажа по наружному осмотру мѣста весьма трудно.

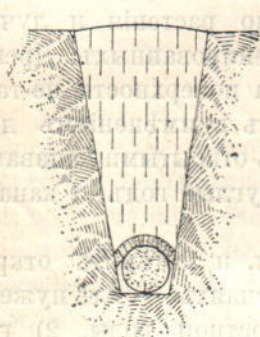
Существуютъ признаки, указывающіе только отчасти на то, что земля нуждается въ дренажѣ. Такъ, если позднею осенью сдѣлать въ землѣ палкою дыру, глубиною вершковъ въ 12, и если послѣ нѣ-



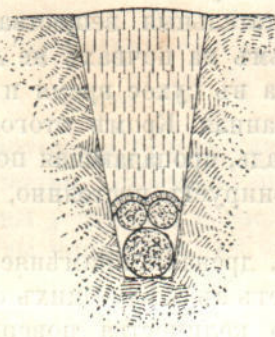
сколькихъ сухихъ дней въ ней окажется вода, затѣмъ, если на полѣ растутъ лютики, хвощи или осока, то такія земли слѣдуетъ дренировать. Вообще примѣненіе дренажа въ Россіи умѣстно тамъ, гдѣ величина годовыхъ атмосферныхъ осадковъ не менѣе 600 миллиметровъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда дренажъ устраивается на короткомъ протяженіи, для него берутся матеріалы, имѣющіеся подъ руками, дерево, камень и проч.; при дренированіи же болѣе или менѣе значительныхъ пространствъ примѣняются гончарныя трубки (самый лучшій видъ дрентъ).

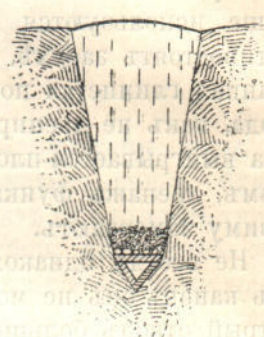
Фашинный дренажъ устраивается такъ: на дно канавы укладывается одна, двѣ или три фашины и концы ихъ плотно стыкаются (фиг. 227, 228), а сверху онѣ закрываются соломой или дерномъ травой внизъ,



Фиг. 227.



Фиг. 228.



Фиг. 229.

чтобы промежутки между хворостинами не забились землею, а затѣмъ вся канава доверху засыпается. Если въ почвѣ нѣтъ плывуна, то такой дренажъ долго сохраняется и дѣйствуетъ исправно, но онъ довольно дорогъ.

**Каменный дренажъ.** Въ мѣстностяхъ, изобилующихъ камнемъ, въ канавы насыпается крупный гравій, кругляки и щебень, слоемъ со-токъ въ 15, и трамбуется. Сверху кладется дернъ травой внизъ или солома и канава засыпается землею. Этотъ способъ хорошъ тѣмъ, что корни растений и землеройки не могутъ проникнуть въ утрамбованный щебень, но зато движеніе воды получается очень медленное, потому что на своемъ пути вода должна постоянно обходить препятствія въ видѣ отдѣльныхъ камешковъ. Этотъ недостатокъ устраняется дренажемъ изъ каменныхъ плитокъ (фиг. 229), которые сверху засыпаются мелкимъ камнемъ въ предупрежденіе засоренія.

Хорошій, но дорогой дренажъ кирпичный. Кирпичъ желѣзнякъ кладется въ канаву плашмя поперекъ теченія канавы, бока дѣлаются изъ кирпича на ребро и перекрываются кирпичомъ также поперекъ. Сверху—щебенная засыпка.



Для пlyingуновъ особенно подходящій и прочный дренажъ деревянный. Дѣлается онъ различно; такъ, на примѣръ: изъ дюймовыхъ ольховыхъ досокъ сколачивается трубка прямоугольнаго сѣченія. Въ верхней ея части и въ бокахъ просверливаютъ отверстія для входа воды. Трубка осмаливается и укладывается на дно канавы. Въ стыкахъ трубокъ дѣлають каменную обсыпку.

Для рыхлыхъ торфяныхъ грунтовъ хорошимъ дренажемъ является жердевой; для этого берутъ жерди, толщиною въ 2—4 дюйма, связываютъ ихъ пучками по 3—5 штукъ и укладываютъ въ канавы, на жердяхъ оставляють короткіе сучья. Укладываются жерди комьями вверхъ по теченію и отдѣльные пучки плотно соединяются между собою. Сверху застилають траву, мхомъ, листьями и затрамбовываютъ землею.

Самымъ совершеннымъ является гончарный дренажъ изъ неглазурованныхъ глиняныхъ трубокъ. Цементныя трубки для дренажа не годятся вслѣдствіе того, что гумозная кислота сырыхъ заболоченныхъ грунтовъ разрушаетъ цементъ. Гончарныя трубки имѣють длину около 1 фута, толщину стѣнокъ около  $\frac{1}{4}$  дюйма, а діаметръ ихъ измѣняется въ зависимости отъ назначенія. Такъ, трубки всасывающія, или собственно дрены, имѣють діаметръ  $1\frac{1}{2}$ —2 дюйма, а діаметръ трубъ отводящихъ, или коллекторовъ <sup>1)</sup>, колеблется отъ 4 до 6 дюймовъ.

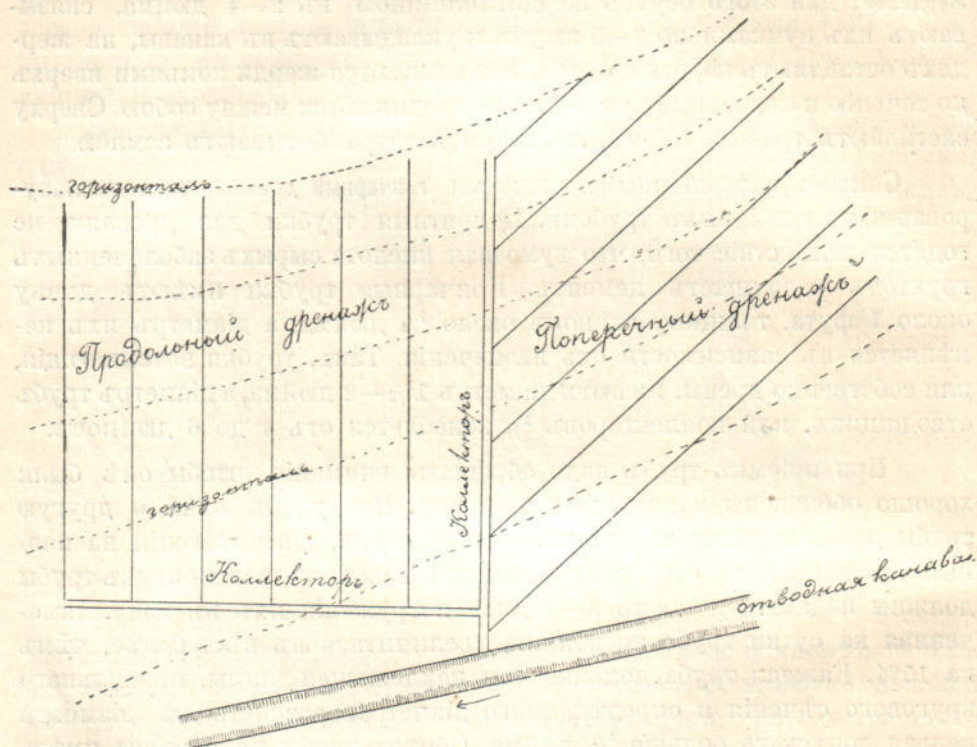
При приѣмкѣ трубъ надо обращать вниманіе, чтобы онѣ были хорошо обожжены и не имѣли трещинъ. При ударѣ одна о другую трубы должны издавать чистый, ясный звукъ, указывающій на полный прожогъ и на отсутствіе трещинъ. Такой же ясный звукъ трубы должны издавать и послѣ 3—4 дней погруженія ихъ въ воду. Намоченная на сутки труба не должна увеличиться въ вѣсъ болѣе, чѣмъ на 15%. Каждая труба должна быть надлежащей длины, правильнаго круговаго сѣченія и опредѣленнаго діаметра, разность въ діаметрѣ нельзя допускать больше  $\frac{1}{8}$  дюйма. Обрѣзъ трубы не долженъ имѣть ни шероховатостей, ни пѣнки, долженъ быть чистый и прямой, и плоскость его должна быть перпендикулярна къ оси трубы у ея конца; если это не соблюдено, то укладка трубъ въ одну прямую линію дѣлается невозможною. Далѣе, трубы должны быть цилиндрическія и прямыя, кривизна можетъ быть допущена не больше какъ въ  $\frac{1}{100}$  длины трубки, и планочка толщиною въ  $\frac{1}{8}$  дюйма не должна проходить между кривизною трубы и горизонтальною доскою при трубѣ длиною въ 1 футъ.

Укладкѣ дренажа, какъ и вообще всякой технической работѣ, предшествуетъ составленіе проекта, для чего производятся изысканія съ цѣлью опредѣленія площади, и рельефа, наклона, водосбора, характера почвы и подпочвы и глубины залеганія грунтовыхъ водъ.

<sup>1)</sup> Коллекторы дѣлаются также и изъ глазурованныхъ трубъ.



Существуетъ двѣ системы расположенія сѣти: продольная, когда дрены располагаются по линіямъ наибольшихъ скатовъ, поперекъ горизонталей, а коллекторъ приблизительно параллельно горизонталямъ (фиг. 230); другая система поперечная, когда по линіи наибольшаго ската укладывается коллекторъ, а дрены или параллельно горизонталямъ, или наискось къ нимъ. Въ пользу второй системы говорятъ слѣдующія соображенія: задача дренажа—отводить воду



Фиг. 230.

какъ можно полнѣе и скорѣе, поэтому, если дрены положить по линіямъ наибольшихъ скатовъ, то, волею-неволею, коллекторъ придется положить по линіи наименьшаго ската и, слѣдовательно, вода, которая быстро сойдетъ по дренамъ, встрѣтитъ медленно текущую воду въ коллекторѣ, произведетъ застой, при чемъ землистые частицы будутъ отлагаться въ трубахъ и дренажъ станетъ засоряться. Получается совершенно иное, когда коллекторъ заложенъ по наибольшему уклону. Не только не происходитъ застоя, но быстрота движенія воды въ коллекторѣ производитъ на дрены всасывающее дѣйствіе, что еще больше увеличиваетъ скорость опорожненія сѣти. Затѣмъ, расположеніе дренъ наискось позволяетъ уменьшить ихъ протяженіе. Наконецъ, діагонально расположенныя дрены также пересѣкаютъ воды проницаемыхъ



слоевъ, какъ если бы онѣ были заложены по линіямъ наибольшихъ скатовъ.

Дрены всегда располагаются параллельными рядами и прямолинейно. Во избѣжаніе противотеченія дрены должны впадать въ коллекторъ, такъ же, какъ и открытыя канавы—въ магистраль, подь угломъ въ  $60^\circ$  и не одна противъ другой, а въ шахматномъ порядкѣ. Въ исключительныхъ случаяхъ дрены помѣщаются и подь прямымъ угломъ къ коллектору, но этого надо избѣгать. При прямомъ углѣ образуются наносы, а при слишкомъ остромъ—соединеніе трубъ очень трудно и ненадежно.

Что касается коллекторовъ, то они спускаютъ воду или въ открытыя отводящія канавы, или прямо въ низины и рѣки, или въ другіе коллекторы высшаго порядка.

Глубина заложенія дренъ, измѣняясь въ широкихъ предѣлахъ, имѣетъ однакоже вполне опредѣленныя границы. Такъ, не слѣдуетъ закладывать дренажъ выше линіи промерзанія, потому что отъ дѣйствія мороза дрены приходятъ въ разрушеніе, весной же замерзшія трубки начинаютъ свои дѣйствія поздно, отчего образовывается застой воды на оттаявшихъ участкахъ. На большой же глубинѣ дренажъ является дѣломъ очень дорогимъ. По отношенію къ грунтамъ дренажъ закладывается въ зависимости отъ степени проницаемости почвы; такъ, глубина для песчаныхъ почвъ 0,50 саж., для глинистыхъ 0,66 саж. и для торфа 0,75 саж. Въ садахъ дренажъ достаточенъ на глубинѣ 0,66 саж., на лугахъ 0,50 саж. Что касается разстоянія между дренами, то и оно зависитъ отъ плотности почвы и ея водопроницаемости. Принявъ за среднюю норму для средняго грунта (суглинокъ) разстояніе въ 10 саж., для пористыхъ (песчаныхъ) грунтовъ его надо увеличить до 15 саж., а для плотныхъ (глинистыхъ) уменьшить до 5 саж.

Слѣдуетъ помнить, что интенсивность осушки достигается двумя способами: 1) увеличеніемъ глубины заложенія дренъ и 2) уменьшеніемъ разстоянія между ними. Экономически выгоднѣе, если нужно, опустить дрены ниже (не переходя границы), чѣмъ располагать ихъ тѣснѣе, такъ какъ при тѣснотѣ потребуется больше канавъ и, слѣдовательно, нужно будетъ больше трубъ. Въ случаѣ трудности рѣшенія, на какую глубину и въ какомъ разстояніи надо положить трубы, вопросъ рѣшается опытомъ: укладываютъ небольшой длины ряды дренъ на разныхъ разстояніяхъ и на разныхъ же глубинахъ, затѣмъ между линіями дренъ роютъ канаву и наблюдаютъ, какъ будетъ сбывать вода въ канавѣ,—если медленно и слабо, то надо или понизить глубину заложенія, или сблизить разстояніе. Вообще же слѣдуетъ добиваться, чтобы при наименьшей глубинѣ заложенія дренъ явилась возможность примѣнить максимальное раз-



стояніе, такъ какъ слишкомъ энергичное высушиваніе приноситъ большой вредъ растительности.

Наименьшимъ разстояніемъ между рядами дренъ считается глубина заложенія, умноженная на 12. По отношенію къ рельефу очень удобнымъ является такое расположеніе, когда одна дрена выше (или ниже) другой не менѣе какъ на 0,25 саж. Чтобы найти по этому способу мѣсто закладки дренъ, надо отъ верхней дрены провести по профилю горизонтальную линію до встрѣчи съ наклонною поверхностью земли, опустивъ отъ точки встрѣчи вертикальную линію и отложивъ на ней 0,25 саж., получимъ точку мѣста нижней дрены.

Расчетъ коллектора ведется по гидромодулю, который берется большимъ, нежели для открытыхъ канавъ, именно отъ 0,00004 до 0,00006 саж. на 1 десятину въ секунду (0,5 секундолитра на 1 гектаръ). Затѣмъ въ зависимости отъ грунта надо задаться скоростью при слабомъ грунтѣ въ 0,05 саж., при крѣпкомъ—0,50 саж., большую этой скорости задавать нельзя, чтобы не произошло порчи трубъ и сдвига въ стыкахъ. Уклонъ коллектора задается параллельно уклону мѣстности, но не меньше чѣмъ 0,002 и до 0,02. Если бы поверхность имѣла уклонъ меньшій, чѣмъ 0,002, то въ этомъ случаѣ лучше проложить открытую осушительную сѣть, чѣмъ дренажъ. Діаметръ коллектора найдется изъ основной формулы постоянства расхода или

$$Q = Fv$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v,$$

подставляя вмѣсто  $Q$  величину, найденную по площади и гидромодулю, а вмѣсто  $v$ —величину, которою мы задаемся. Затѣмъ также какъ и при расчетѣ открытыхъ канавъ (см. стр. 237) скорость провѣримъ на уклонъ по формулѣ

$$v = c \sqrt{Ri},$$

задавшись въ формулѣ Гангюиллье и Куттера величиною  $n=0,013$ .

Найденный по этому расчету  $d$  коллекторъ надо увеличить на  $\frac{1}{4}$ , такъ какъ нельзя трубу рассчитывать на полное наполненіе, а непременно не больше  $\frac{3}{4}$  ея поперечнаго сѣченія.

Только въ рѣдкихъ случаяхъ ставятся коллекторы шестидюймовые, потому что такія трубы очень дороги, обыкновенно же употребляются коллекторы четырехъ дюймовые. Отсюда величина дренируемой площади опредѣляется и ограничивается діаметромъ коллектора въ 4 дюйма. Если бы для заданной площади этотъ размѣръ оказался недостаточнымъ, то ее разбиваютъ на участки, изъ которыхъ каждый дренируется отдѣльною сѣтью съ самостоятельнымъ коллекторомъ. По большей части на одинъ коллекторъ отводятъ отъ 2 до 4 десятинъ площади, въ зависимости отъ взятой скорости.

Что касается собственно дренъ, то діаметръ ихъ всегда выбирается одинаковый или  $1\frac{1}{2}$  или 2 дюйма, но меньше  $1\frac{1}{2}$  дюйма брать



не слѣдуетъ, такъ какъ такія трубы легко засоряются. Уклонъ дренамъ дается большой: до 0,1, и если мѣстность имѣетъ уклонъ незначительный, то въ верхней части дренируемой площади трубы закладываются мельче, въ нижней—глубже.

Если наоборотъ, уклонъ мѣстности значителенъ и превышаетъ предѣльный для дренажа, то линію трубъ раздѣляютъ на отдѣльныя части съ допустимымъ уклономъ и эти части связываютъ между собою перепадами, состоящими просто изъ трубъ, наклоненныхъ подъ угломъ въ 45°, или (что гораздо лучше) на перепадахъ ставятъ смотровые колодцы.

Такъ какъ одна дрена можетъ осушить только ограниченную площадь, взятую пополамъ у сосѣднихъ дренъ справа и слѣва, то для длины дрены существуетъ предѣльная величина, зависящая отъ діаметра и уклона. Взявъ діаметръ и уклонъ, находятъ секундный расходъ дрены

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} c \sqrt{Ri}.$$

Раздѣливъ эту величину на величину гидромодуля 0,00004 или 0,00006, находимъ ту площадь  $P$ , которая этому расходу соответствуетъ, т. е.

$$Q \div 0,00004 = P,$$

а раздѣливъ затѣмъ эту площадь на разстояніе между дренами  $d$ , находимъ искомую длину дрены

$$\frac{P}{d} = l,$$

Если длина дренируемаго участка очень велика, то его слѣдуетъ раздѣлить на два, съ отдѣльными самостоятельными коллекторами. Всѣ приведенные расчеты и соображенія относятся къ гончарнымъ дренамъ, въ случаѣ же примѣненія другого типа подземныхъ канавъ, точнаго учета сдѣлать нельзя и только уклонъ для такого дренажа выбирается не больше 0,006.

Вычисленіемъ діаметровъ сѣти, обозначеніемъ ея на планѣ и составленіемъ профилей оканчивается работа проекта, послѣ чего онъ переносится въ натуру.

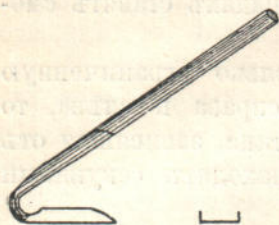
Лучшее время для производства дренажныхъ работъ—осень, когда рабочія руки дешевы, поле свободно и земля суха, такъ какъ грунтовые воды стоятъ низко.

Разбивка работъ состоитъ въ установкѣ вѣхъ на поворотахъ коллектора и на точкахъ начала и конца дренъ. Затѣмъ съ правой стороны (по теченію) каждой дрены забиваются контрольные кольца черезъ каждыя 25 саж. Прямая, проходящая черезъ верхушки колець, должна быть параллельна дну будущей канавы, и такимъ образомъ, натянувъ по кольямъ веревку, можно отъ нея прямо въ любомъ мѣстѣ отсчитывать глубину канавы. Крайніе кольца выставляются по нивеллиру и



связываются съ реперомъ первоначальныхъ изысканій, а промежуточные—забиваются по показанію визирокъ. Колья эти сохраняются на все время производства земляныхъ работъ.

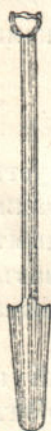
Когда сѣтъ разбита и проинвентаризована, приступаютъ къ рытью канавъ. Сначала роютъ канаву отводную и канаву для коллектора, а потомъ уже для дрена. При этомъ надо непремѣнно держаться общаго правила: работу начинать съ устья каждой канавы, чтобы обезпечить стокъ дождевой или грунтовой воды.



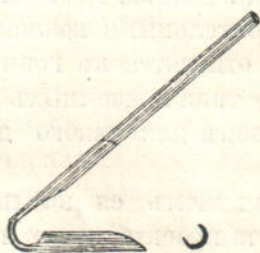
Фиг. 231.

Такъ какъ дренажныя канавы недолго остаются открытыми, то при рытьѣ ихъ стараются уменьшить земляныя работы, поэтому канавамъ даютъ возможно меньшіе размѣры; такъ, при глубинѣ 0,50 саж. достаточно дать ширину по верху 0,20 саж. для суглинка и 0,25 саж. для супеска. Откосы дѣлаются съ уклономъ отъ  $\frac{1}{7}$ .

Выемку ведутъ слоями, по 0,10 саж. каждый. Рабочіе дѣлятся на партіи по 3 человекъ. Первый наръзаетъ канавы и вынимаетъ первый слой, второй два слѣдующихъ слоя, а третій вынимаетъ послѣдній слой и очищаетъ дно канавы. Обыкновенно первый слой вынимается



двумя штыками, при чемъ землю перваго штыка и дрена откладываютъ въ сторону отъ прочей земли. Для третьяго слоя, гдѣ канава сильно суживается, примѣняется особая лопата уже и длиннѣе обыкновенной. Послѣ выемки дѣлаютъ подчистку особымъ совкомъ (фиг. 231). Наконецъ послѣдній



[Фиг. 232 и 233.]

слой вынимается специальною лопаткою (фиг. 232), ширина которой внизу соотвѣтствуетъ діаметру дренажной трубы. Для окончательной очистки ямы употребляется совокъ (фиг. 233), по формѣ одинаковый съ лопатой. При рытьѣ послѣдняго слоя надо слѣдить, чтобы лопата сразу брала до проектной глубины, такъ какъ при недоборѣ дальнѣйшее углубленіе весьма затруднительно вслѣдствіе тѣсноты рва.

Трубы подвозятъ къ полю и складываютъ въ кучи. Когда рытье канавъ подходитъ къ концу, трубы подносятъ къ мѣсту работы и укладываютъ одну возлѣ другой на земляномъ валѣ у бровки канавы. Передъ укладкою трубъ надо канаву начисто вымести метлой. Если передъ этимъ прошелъ дождь, то надо выждать, пока канава подсохнетъ.

Трубы укладываются двояко: или въ притыкъ одна къ другой, или же въ стыкахъ употребляется особое приспособленіе, муфты, представляющія изъ себя такія же гончарныя трубы съ діаметромъ

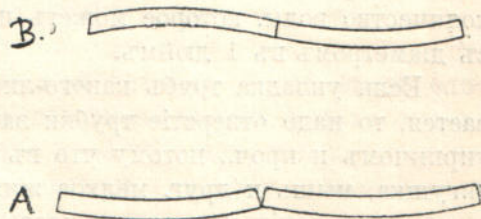


немного большимъ, чѣмъ наружный діаметръ дренъ, и длиною въ 3 дюйма. Соединеніе муфтами значительно удорожаетъ стоимость дренажа и употребляется рѣдко, только при трубахъ очень малаго діаметра, гдѣ малѣйшая разность въ осадкѣ двухъ смежныхъ трубъ вызываетъ нарушеніе непрерывности струи. Муфты употребляются еще при слабомъ грунтѣ даже при трубахъ большого діаметра.

Укладка трубъ начинается съ верхняго конца канавы во избѣжаніе засоренія, при этомъ начало верхней трубы плотно затыкается. Для укладки трубъ употребляется особый крюкъ или костыль (фиг. 234), укрѣпленный на палкѣ. На костылѣ имѣется заплечикъ *S*, діаметръ котораго немного больше внутренняго діаметра трубы. Рабочій становится надъ канавою одною ногою на одной сторонѣ, другою—на другой, затѣмъ, поддѣвываетъ крючкомъ трубку съ земли, опускаетъ ее въ ровъ и плотно прикладываетъ къ смежной, прежде уложенной.

Если трубы изогнуты по оси, то, чтобы щели между ними не были велики, надо трубы класть не въ такомъ положеніи, какъ въ *A* (фиг. 235), а въ такомъ, какъ въ *B*. Опытный рабочій, надѣвая трубу на крюкъ, старается взять ее такъ, чтобы она сразу возможно плотнѣе легла къ сосѣдней; сотрясеніемъ на стержнѣ онъ поворачиваетъ ее до тѣхъ поръ, пока труба не ляжетъ, какъ слѣдуетъ, а потомъ легкими поколачиваніями заплечика *S* (фиг. 234) по стѣнкѣ заставляетъ ее плотно приблизиться къ сосѣдней. Иногда приходится трубу вынуть и замѣнить другою.

Если укладываютъ трубы съ муфтами, то и труба и муфта надѣваются на костыль сразу, при чемъ трубу держитъ заплечикъ, а муфту рукоятка. Все вмѣстѣ опускаютъ въ ровъ и трубу поколачиваніемъ заплечика вдвигаютъ въ ранѣе положенную муфту.



Фиг. 235.



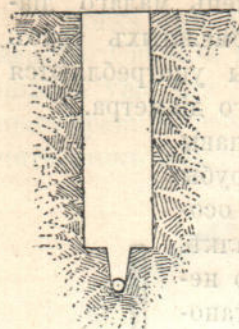
Фиг. 234.

Коллекторы укладываются руками. Если опытныхъ привычныхъ къ дренажному дѣлу рабочихъ нѣтъ, тогда канавамъ придаютъ форму, изображенную на фиг. 236, и всѣ трубы также укладываются руками.

Если дренажъ устраивается въ плывунѣ, то канаву роютъ широкую, крѣпятъ ее и дрены закладываютъ, какъ только прокопаютъ хоть самый малый участокъ, при чемъ положеніе дренъ все время провѣряется нивелиромъ. Если грунтъ настолько слабъ, что сразу нельзя пройти до проектной глубины, то углубляются насколько возможно, закладываютъ трубы, присыпаютъ ихъ и такъ оставляютъ;



когда через некоторое время грунт подсохнет, канавы разрываютъ, вынимаютъ дрена, углубляются дальше и такъ доходятъ до требуемой глубины. Такъ какъ дрена, получая неравномерную осадку, ложатся одна выше другой, то ихъ кладутъ на тонкую дюймовую доску.



Фиг. 236.

Слѣдуетъ замѣтить, что, несмотря на плотное соединеніе дрена и на то, что вода въ трубки попадаетъ только черезъ ничтожную щель въ стыкъ, все же трубки совершенно выполняютъ свое назначеніе, нерѣдко дренируя воду полнымъ сѣченіемъ. Это подтверждается весьма простымъ расчетомъ: предположимъ, что каждый стыкъ имѣетъ зазоръ всего въ  $\frac{1}{100}$  дюйма, тогда при трубкѣ діаметромъ только въ 1 дюймъ площадь этого зазора будетъ:

$$\frac{1}{100} \cdot \pi d = 0,0314 \text{ квадр. дюйм.},$$

трубка же съ діаметромъ въ 1 дюймъ имѣетъ площадь сѣченія

$$\frac{\pi d^2}{4} = 0,78.$$

Раздѣляя второе на первое, находимъ

$$0,78 : 0,0314 = \text{около } 25,$$

т. е. площадь трубы въ 25 разъ больше площади стыка и слѣд. 25 стыковъ дадутъ въ суммѣ площадь, равную площади отверстія трубы. Такъ какъ 25 стыковъ при длинѣ трубы въ 1 футъ укладываются на протяженіи  $3\frac{1}{2}$  саж., то уже  $3\frac{1}{2}$  саж. дрена соберутъ такое количество воды, которое можетъ пойти полнымъ сѣченіемъ въ трубу съ діаметромъ въ 1 дюймъ.

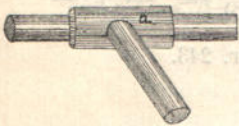
Если укладка трубъ какого-либо участка на время приостанавливается, то надо отверстіе трубы заткнуть соломой, закрыть доскою, кирпичомъ и проч., потому что въ трубку легко можетъ проникнуть лягушка, мышь и друг. мелкое животное и закупорить ее.

По окончаніи укладки каждаго ряда трубъ провѣряютъ, составляютъ ли онѣ прямую линію и имѣютъ ли надлежащій уклонъ. Въ это же время слѣдуетъ палкою нажимать на концы каждой сомнительной трубы, и если при этомъ другой конецъ поднимается, то для увеличенія опоры подъ трубку подкладываютъ сухіе комочки земли.

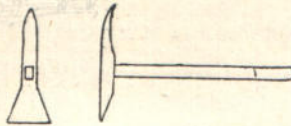
Когда провѣрка окончена, надъ безотлагательно приступить къ засыпкѣ канавъ. Работу эту нужно дѣлать осторожно, чтобы на трубы не падали комья и чтобы не потревожить дренажную линію. Лучше всего на нижній слой вершка въ 4 употреблять глинистую землю и соскребать ее со стѣнокъ рва, чтобы она не падала, а скатывалась по стѣнкамъ. Ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ употреблять для нижняго слоя песокъ, потому что увлекаемый водою онъ проходитъ



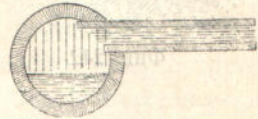
въ зазоры и засариваетъ трубы. Не слѣдуетъ также покрывать передъ засыпкою трубы соломой, мхомъ и др. органическими веществами, которыя сгнивая закупориваютъ щели. Болѣе крупныя швы передъ засыпкою прикрываются черепками отъ разбитыхъ трубъ. Остальную засыпку можно производить всякою землею, при этомъ она уминается ногами. Сверху надъ канавой образуются маленькій земляной валикъ и прикрываютъ его дерномъ, снятымъ и отложеннымъ въ сторону при началѣ рытья. При грунтахъ плотныхъ, глинистыхъ, канаву заполняютъ только на половину, остальную же часть оставляютъ открытою до слѣдующаго лѣта, тогда отъ зноя и мороза почва дастъ трещины и сдѣлается болѣе водопроницаемою.



Фиг. 237.

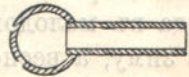


Фиг. 238.

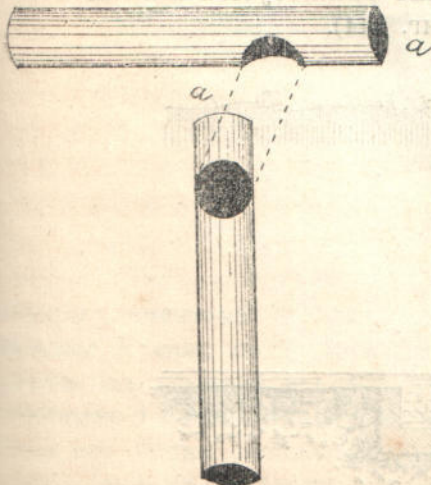


Фиг. 239.

При встрѣчѣ двухъ трубъ одинаковаго діаметра на стыкъ надѣвается длинная муфта (фиг. 237), въ которой пробивается отверстіе *a*, куда и вставляется боковая трубка. Пробиваютъ отверстіе особымъ молоткомъ (фиг. 238) съ острымъ носкомъ. Сопряженіе дрены съ коллекторомъ слѣдуетъ дѣлать, какъ показано на фиг. 239, а не такъ, какъ на фиг. 240, потому что во второмъ случаѣ движеніе воды по коллектору представляетъ сильное сопротивленіе движенію въ дренахъ. На каждое соединеніе трубъ прежде ихъ засыпки надо набросать нѣсколько черепковъ.



Фиг. 240.

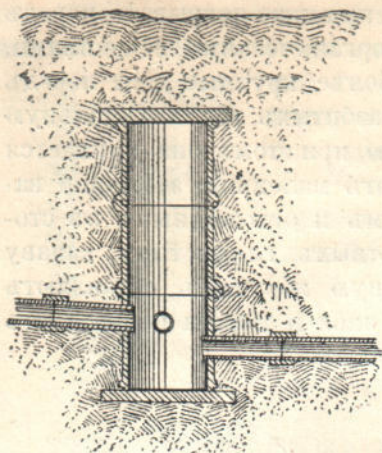


Фиг. 241.

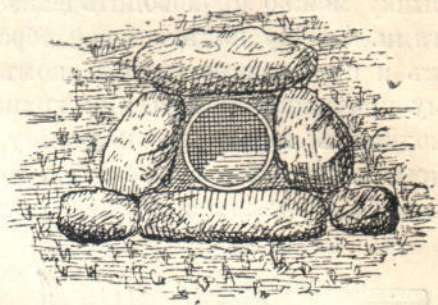
При встрѣчѣ двухъ дренъ одинаковаго діаметра въ углахъ, соединеніе дѣлается такъ, что въ трубкахъ пробиваются отверстія (выкружки) и трубки накладываются одна на другую этими отверстіями (фиг. 241), причемъ, конечно, нижняя дрена укладывается по теченію. Концы трубокъ *a*, *a* затыкаются пробками.

На всѣхъ поворотахъ линій, на мѣстахъ измѣненія уклона, а также и тамъ, гдѣ сходится нѣсколько трубъ, ставятся смотровые или контрольные колодцы. Обыкновенно колодцы состоятъ изъ такихъ же гончарныхъ трубъ діаметромъ въ 14—15 дюймовъ;





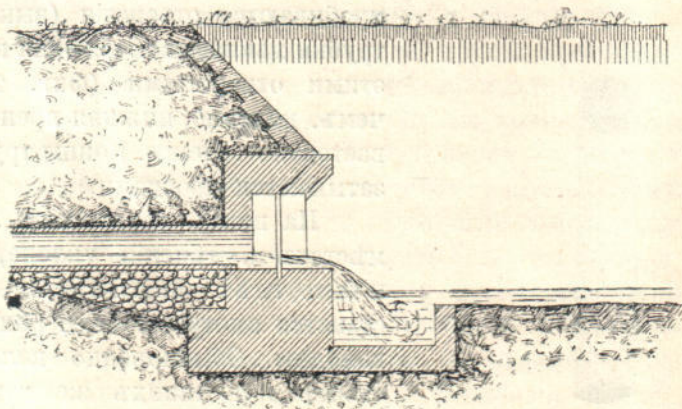
Фиг. 242.



Фиг. 243.

шали обработкѣ почвы. Для того, чтобы видѣть и слышать по звуку дѣйствіе дренажа въ колодцѣ, надо трубу, приводящую воду, располагать выше трубы отводящей. Если въ колодезь входитъ нѣсколько трубъ, то его дѣлаютъ такого размѣра, чтобы въ него могъ входить рабочій для очистки отъ осадковъ.

Устья дренажной сѣти часто повреждаются или умышленно или шалостями дѣтей; въ устья также заползаютъ мелкія животныя—мыши, кроты и въ особенности лягушки; эти послѣднія забираются туда въ молодомъ возрастѣ, пролазятъ въ дрены, вырастаютъ тамъ за зиму, а весной не могутъ повернуться, чтобы выбраться, и закупориваютъ собою трубку. Обыкновенно коллекторъ оканчивается за полсажени не доходя до устья и конецъ его дѣлается или изъ камня или изъ досокъ (фиг. 243). Въ большихъ сѣтяхъ устья выполняются изъ кирпичной кладки на цементѣ (фиг. 244).



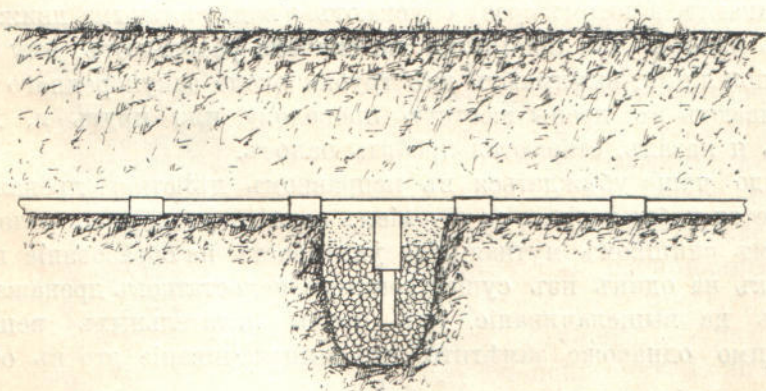
Фиг. 244.



Противъ проникновенія въ трубку животныхъ рекомендуется въ послѣднемъ стыкѣ коллектора заложить проволочную рѣшетку.

При хорошо устроенномъ дренажѣ надзоръ заключается только въ прочисткѣ отводныхъ канавъ, въ закрытіи устья на зиму и въ открытіи его весной. Но и въ хорошо устроенномъ дренажѣ сплошь и рядомъ происходитъ засореніе дрена въ слѣдствіе отложенія землистыхъ, известковыхъ и желѣзистыхъ наносовъ. Предупредить образованіе осадка невозможно, остается только позаботиться, чтобы осадокъ не скопился въ большомъ количествѣ и чтобы онъ выносился во время сильной воды, бывающей послѣ продолжительныхъ дождей, для чего трубы должны быть уложены правильно, должны имѣть большой уклонъ и не должны быть засорены соломинками, мхомъ, вѣтками и т. п.

Закупорку трубъ производятъ также корни болотныхъ растений, хвощей, осоки, изъ древесныхъ—корни ивы, ольхи, ясеня, тополя. Попадая въ стыкъ, корешки образуютъ въ дренажѣ войлокообразную массу и закупориваютъ отверстіе. Въ предупрежденіе этого рекомендуется нѣсколько способовъ: 1) надо дренажи располагать не ближе 10 саж. отъ деревьевъ; 2) параллельно дренажной роется обыкновенная канава и заполняется щебнемъ, въ этой канавѣ останавливаются корешки и не идутъ дальше; 3) въ садахъ, гдѣ приходится дренажи проводить близко къ деревьямъ, примѣняется хорошій, хотя и дорогой, способъ Реролля (фиг. 245), заключающійся въ томъ, что муфты заполняютъ

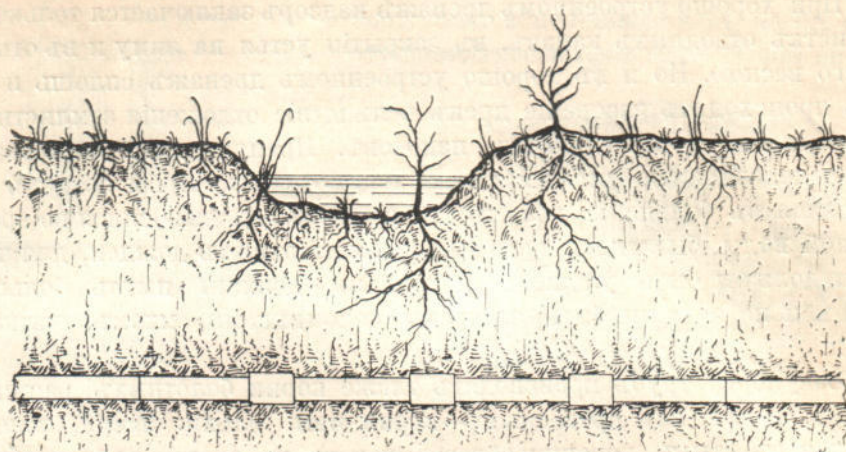


Фиг. 245.

внутри цементомъ и дренажи становятся непроницаемыми, а черезъ каждыя 3 саж. подъ дренажами роютъ неглубокіе колодцы, наполняютъ ихъ камнемъ и опускаютъ туда вертикальныя трубки, снизу открытыя и соединяющіяся съ нижнею стороною дренажной линіи. Вода изъ почвы попадаетъ въ колодцы, а изъ нихъ, подымаясь по вертикальнымъ трубкамъ, входитъ въ дренажи.



Если на поверхности имѣется впадина или проходить дорога, то стыки перекрываются муфтами и цементируются (фиг. 246).



Фиг. 246.

Если часть дренажной линии будетъ повреждена, то это повреждение обнаруживается на поверхности земли, именно—часть поля выше поврежденнаго мѣста будетъ влажнѣе, чѣмъ остальное дренированное пространство. Исправляется повреждение двояко: промывкой и прочисткой. Въ первомъ случаѣ воду въ дренажной линии сначала задерживаютъ, а потомъ сразу спускаютъ, и вода сильнымъ движеніемъ уноситъ наносъ. Для прочистки же сначала разрываютъ яму вдоль дренажной линии, вынимаютъ двѣ трубки около закупореннаго мѣста, просовываютъ въ дрены жесткую проволоку или пруть и, двигая впередъ и назадъ, стараются пробить наносъ.

Надо чаще убѣждаться въ исправномъ дѣйствіи дренажа, это достигается наблюденіемъ за теченіемъ воды въ устьѣ и въ колодцахъ, при чемъ слишкомъ мутная вода указываетъ на образованіе наноса.

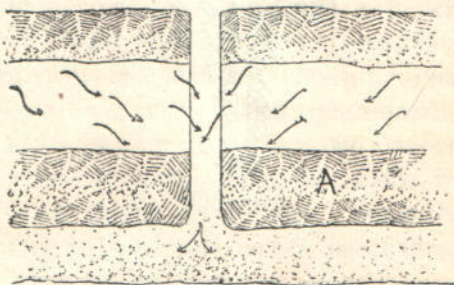
Какъ на одинъ изъ существенныхъ недостатковъ дренажа, указываютъ на выщелачиваніе изъ почвы питательныхъ веществъ; необходимо однакоже замѣтить, что выщелачиваніе это въ общемъ ничтожно и рѣдко доходить до  $\frac{1}{1000}$  вѣса дренируемой воды; нужно только слѣдить, чтобы съ водою не выносились твердыя частицы грунта. По отношенію же къ благопріятнымъ результатамъ дренажа потери эти настолько малы, что на нихъ совершенно не обращается вниманіе; это видно уже хотя бы изъ того, что, напр., урожай на дренированныхъ земляхъ въ среднемъ повышается на 47<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.



#### § 4. Вертикальный дренажъ.

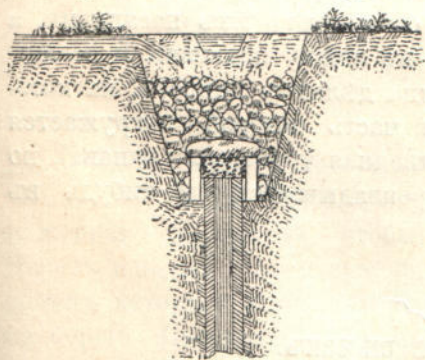
Вертикальный дренажъ изъ такъ называемыхъ поглощающихъ колодцевъ примѣняется въ томъ случаѣ, когда проницаемый слой подстиляется непроницаемымъ пластомъ небольшой мощности, за которымъ опять идетъ слой проницаемый. Тогда, пробивъ въ пластъ А (фиг. 247) скважину, открываемъ выходъ для поверхностныхъ водъ, которыя и стекаютъ въ колодець.

Для успѣха дѣла необходимо, чтобы нижній проницаемый пластъ не былъ насыщенъ водою, иначе можетъ произойти обратное явленіе—поднятіе воды. Слѣдовательно, прежде, чѣмъ устраивать колодцы, необходимо изслѣдовать расположеніе пластовъ, и если подъ проницаемою почвою обнаружится голубой илъ, успѣхъ будетъ сомнителенъ; если же подъ слоемъ глины окажется ненасыщенный песокъ, можно навѣрно приступить къ устройству колодцевъ.



Фиг. 247.

Система вертикальнаго дренажа состоитъ въ томъ, что на десятинѣ мѣстахъ въ 3—4-хъ роются ямы въ 1 с. глубиною и 0,50 с. въ діаметрѣ. На днѣ ямъ буравомъ дѣлаютъ скважину (фиг. 248) (буравъ для подобныхъ работъ употребляютъ—діаметромъ въ 7 д.). Чтобы скважина не засорялась, дно колодца выстилается хворостомъ или щебнемъ, а въ скважину вставляется труба, верхній край которой долженъ подниматься выше дна колодца, а нижній долженъ быть опущенъ въ проницаемый слой; затѣмъ и бока и дно слѣдуетъ за-



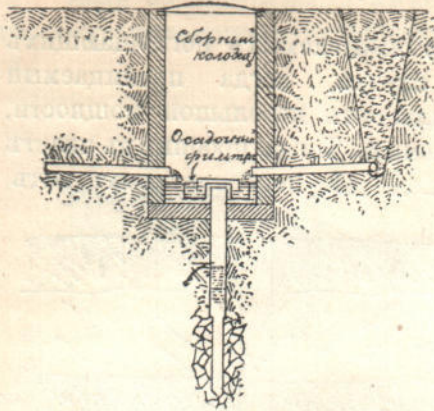
Фиг. 248.

валить камнемъ, а надъ трубою устроить крышку. Если колодець засыпается землею, то надъ камен-

ною [засыпкою] долженъ быть слой земли въ 0,25 с., чтобы можно было производить обработку почвы плугами. Къ колодцу проводятся сборныя каналы.

Подобнаго же рода поглощающіе колодцы устраиваются для осушки зданій, сырыхъ мѣстъ и для удаленія жидкихъ отбросовъ (помоевъ). Отводъ дренируемой воды производится по трубамъ, уложеннымъ съ уклономъ къ сборному колодцу (фиг. 249). Такіе колодцы не требуютъ ремонта, лишь изрѣдка приходится очищать осадочный





Фиг. 249.

фильтръ. Стѣнки и дно колодца лучше всего дѣлать изъ бетона, трубу, сѣтку на нее и фильтр — изъ желѣза.

## § 5. Механическій водоотливъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда по сосѣдству съ болотомъ нѣтъ такихъ пониженныхъ пунктовъ, куда бы можно было отвести воду, или, когда такіе пункты отдѣлены отъ края болота возвышеніями, а также въ тѣхъ случаяхъ, когда осушеніе

должно быть сдѣлано въ цѣляхъ разработки торфа, прибѣгаютъ къ водоподъемнымъ машинамъ, употребляя изъ нихъ главнымъ образомъ центробѣжный насосъ и архимедовъ винтъ <sup>1)</sup>.

Обыкновенно выбирается наиболѣе пониженный пунктъ съ краю болота и къ этому пункту подводится вода канавами, при чемъ послѣднія впадаютъ въ колодець или пріемный резервуаръ. Колодець состоитъ изъ сруба бревенчатого или изъ пластинъ. Стѣнки не осаживаются вплотную и сквозь щели попадаетъ вода. Дѣлаются колодцы и проще: забиваютъ 4 угловыя сваи, связываютъ ихъ насадками, а за сваи накладываютъ одна на другую въ лежку пластины и осаживаютъ ихъ колотушками. Сверхъ колодца дѣлаютъ помость, на которомъ утверждается машина, пріемная часть которой погружается въ колодець. Само собою понятно, что отводная труба (или канава), по которой стекаетъ поднятая вода, прокладывается гдѣ-нибудь въ сторонѣ отъ болота.

## § 6. Регулированіе рѣчекъ.

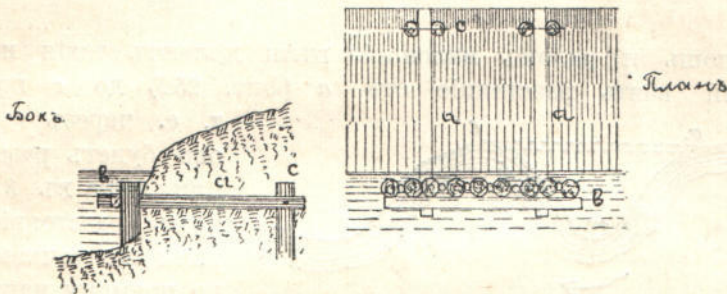
Работы по измѣненію теченія рѣкъ относятся къ числу весьма серьезныхъ, дорогихъ, требующихъ большой осторожности, тщательнаго изученія режима рѣки и всѣхъ условій, въ которыхъ она находится, поэтому къ области сельско-хозяйственной гидротехники могутъ быть отнесены работы по выпрямленію не рѣкъ, а небольшихъ рѣчекъ, вѣрнѣе ручьевъ, при чемъ работы эти должны предприниматься только въ тѣхъ крайнихъ случаяхъ, когда со стороны рѣки угрожаетъ опасность подмыва усадебныхъ мѣстъ или когда слиш-

<sup>1)</sup> Конструкція и работа водоподъемниковъ изложены въ главѣ VI.



комъ излучистое теченіе вызываетъ сильную заболоченность луга. Въ виду этого послѣдняго обстоятельства, работы по выпрямленію рѣкъ отнесены къ осушенію.

Размываніе берега происходитъ или отъ дѣйствія подземныхъ водъ, вызывающихъ оползни и обсыпаніе откосовъ, или отъ дѣйствія волнъ, отрывающихъ частицы грунта, или же отъ попеременнаго замерзанія и оттаиванія, вызывающаго разрыхленіе почвы. Разрушаемые берега укрѣпляются хворостомъ, фашинами, каменнымъ мощеніемъ совершенно такъ же, какъ укрѣпляются водные откосы плотинъ; при этомъ берегъ надо спланировать не менѣе, какъ въ полуторный откосъ. Хорошимъ, но уже болѣе сложнымъ, является укрѣпленіе деревянною стѣнкою (фиг. 250). Вдоль берега забивается

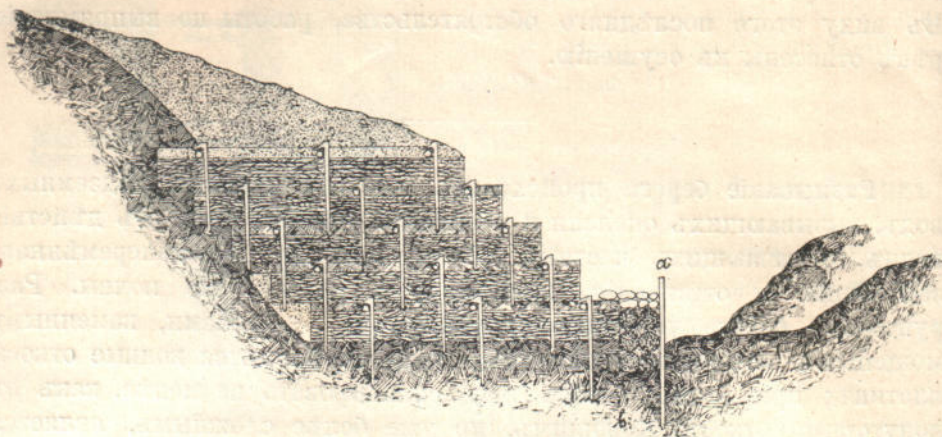


Фиг. 250.

рядъ свай, между которыми, для образованія сплошной стѣнки, загоняются кольца. Верхушки кольевъ и свай спиливаются ниже меженнаго горизонта, чтобы онѣ постоянно находились въ водѣ. Черезъ каждыя  $1\frac{1}{2}$ —2 саж. сквозь стѣнку пропускаютъ анкеръ *а*, на конецъ котораго укрѣпляютъ брусъ *б*, а анкерныя сваи *с* забиваются въ берегъ. Пространство между стѣнкою и берегомъ забиваютъ глиною, а береговой откосъ отмащивается камнемъ на мху или на навозѣ.

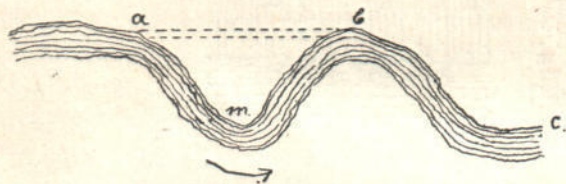
Хворостяное укрѣпленіе дѣлается такъ: забиваются свайки *а*, (фиг. 251), за которыми укладываются фашины *б*, далѣе накладывается слой хвороста, толщиною въ 0,25 саж. Сверху насыпается земля толщиною въ 0,08—0,10 саж. и все притуживается жердями, которыя прихватываются крючкообразными кольями. Дальнѣйшіе слои устраиваются ступенями по 0,25 саж. высотой и отступая на 0,25 саж. На самомъ нижнемъ уступѣ помѣщается каменная наброска.





Фиг. 251.

Сплошь и рядомъ маленькія рѣки дѣлають такія извилины, что если взять разстояніе отъ *a* (фиг. 252) до *c* по берегу,



Фиг. 252.

т. е. черезъ *m* и *b*, то оно будетъ раза въ два или даже въ 3 больше, чѣмъ разстояніе между тѣми же точками *a* и *c* по прямому направленію. Само собою очевидно, что это удлиненіе влечетъ

уменьшеніе скорости  $v$ , но расходъ  $Q$ , равный  $Fv$ , отъ этого не уменьшается, почему, при неизмѣнности  $Q$ , должно увеличиться живое сѣченіе  $F$ , слѣдствіемъ чего явится подъемъ воды, выходъ ея изъ береговъ и заболачиваніе мѣстности. Каждая новыя излучины отнимають культурныя площади, превращая ихъ въ старорѣчья, наполненныя стоячею водою. Въ такомъ случаѣ дѣлають спрямленіе русла перекопами.

Самымъ простымъ перекопомъ является канава, начинающаяся въ *a* (фиг. 252) у русла, напримѣръ, на лѣвомъ берегу и примыкающая къ руслу въ *b* на томъ же берегу, при чемъ направленіе прорѣза должно быть касательнымъ къ теченію, какъ выше точки *a*, такъ и ниже точки *b*. Если скорость теченія въ рѣчкѣ больше 2 фут. въ секунду и если уклонъ по прорѣзу между *a* и *b* больше двойного уклона русла, то канаву можно вести шириною всего въ  $\frac{1}{10}$  ширины рѣки. Тогда въ *a* вода пойдетъ преимущественно по канавѣ, постепенно увеличивая ея размѣры до тѣхъ поръ, пока вся масса воды не направится въ нее, прежнее же русло *amb* будетъ постепенно заноситься. Если же скорость теченія рѣчки меньше 2 фут. и уклонъ между *a* и *b* мало разнится отъ уклона русла, то



перекопъ дѣлается по расчету на расходъ и живое сѣченіе. Съ этою цѣлью составляется проектъ спрямленія русла, вычерчиваются профили по старому руслу и новому его направленію, на профиляхъ намѣчаютъ дно, опредѣляютъ уклонъ, а, зная секунднй расходъ  $Q$  и уклонъ  $i$ , вычисляютъ поперечное сѣченіе канавы по формулѣ.

$$F = c \frac{Q}{\sqrt{Ri}}$$

Выемку канавы начинаютъ съ нижней точки по теченію  $b$  (фиг. 252) для свободнаго стока грунтовыхъ и дождевыхъ водъ; подъ самый уже конецъ прорывается перемычка въ точкѣ  $a$ , между прокопомъ и русломъ. Для болѣе успѣшнаго дѣйствія прокопа входную его часть въ  $a$  слѣдуетъ сдѣлать съ воронкообразнымъ расширеніемъ.



## Глава V.

### Укрѣпленіе овраговъ.

Оврагъ представляетъ собою результатъ размыва поверхности земли сбѣгающею по наклону атмосферною водою. Форма его, по большей части, удлиненная и, при незначительности, по сравненію съ длиною ширины, оврагъ тянется отъ долины къ водораздѣлу.

Какъ главный стѣжень оврага, такъ его вѣтви и ихъ развѣтвленія называются въ общей совокупности системою оврага, а водосборъ системы носить названіе бассейна оврага. Такимъ образомъ, границами двухъ сосѣднихъ системъ овраговъ являются ихъ водораздѣльныя линіи. Въ однихъ случаяхъ овраги имѣютъ пологія стѣнки, покрытыя растительностью, такіе овраги называются потухшими (иначе—балками или логами); въ другихъ же случаяхъ поверхность оврага совершенно обнажена, бока обрывисты и осыпаются, вершины расползаются въ стороны, травы, скрѣпляющей почву своими корнями, нѣтъ,—такіе овраги называются дѣтельными (иначе ярами или кручами).

Въ оврагахъ принято различать слѣдующія части: вершину, дно, откосы или бока и устье. Вершиною называется начальная часть оврага, черезъ которую въ него попадаетъ наибольшая масса воды, вершина всегда обрывиста, иногда совершенно отвѣсна; вершиною оврагъ растеть—удлиняется. Въ одномъ оврагѣ вершинъ можетъ быть нѣсколько, при чемъ названіе вершины въ такомъ оврагѣ оставляется за главною, боковыя же или второстепенныя называются отвершками. Дно оврага, начинаясь отъ вершины, оканчивается въ его устьѣ. Оно всегда имѣетъ наклонъ къ устью, при чемъ очень рѣдко наклонъ идетъ подъ однимъ уклономъ; у большинства овраговъ уклоны дна мѣняются. Въ дѣтельныхъ оврагахъ откосы всегда круче полуторныхъ, нерѣдко они переходятъ въ вертикальный обрывъ. Длина оврага отъ вершины до устья, считая по оси, доходитъ до колоссальной цифры—25 верстъ; ширина, считая отъ бровки до бровки, колеблется также въ широкомъ предѣлѣ отъ 2-хъ до 250 саж. <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Оврагъ шириною въ 1 саж. считается промочною.



Частицы земли, которыя выносятся изъ оврага, отлагаются за устьемъ и образуютъ такъ называемый конусъ выноса или конусъ отложенія.

Оврагоукрѣпительныя работы имѣютъ своею задачею борьбу только съ дѣятельными оврагами, которые, увеличиваясь, развѣтвляясь, расходясь въ разныя стороны, съ каждымъ годомъ не только уменьшаютъ культурную площадь, но приносятъ вредъ и въ другихъ отношеніяхъ; такъ, они иссушаютъ почву, дренируя грунтовую воду; благодаря оврагамъ весеннія и ливневые воды уносятъ плодородныя частицы съ полей и засыпаютъ ими источники, рѣки и луга; овраги портятъ дороги, а, подбираясь къ усадьбамъ, въ деревняхъ заставляютъ жителей уходить съ насиженныхъ мѣстъ.

Главною причиною оврагообразования является вода; чѣмъ большее количество ея попадаетъ въ оврагъ, чѣмъ меньше стѣсненій и препятствій она на своемъ пути встрѣтитъ, чѣмъ по большому уклону будетъ стекать въ оврагъ, тѣмъ большее разрушеніе она произведетъ тамъ. Слѣдовательно, ростъ дѣятельныхъ овраговъ находится въ зависимости отъ слѣдующихъ факторовъ: отъ площади водосбора, отъ того или иного характера поверхности рельефа и отъ скорости воднаго потока, иначе отъ уклона; при уклонѣ въ 0,001 размыва не происходитъ, а если уклонъ 0,0003, то начавшійся выше размывъ съ этого мѣста прекращается.

Затѣмъ, на ускореніе роста оврага имѣетъ большое вліяніе состояніе поверхности почвы и ея составъ. Изъ всѣхъ почвъ песчаная наименѣе благоприятна для образования овраговъ, какъ осыпающаяся и водопроницаемая. Далѣе, почвы, покрытыя дерномъ, съ сильно развитою корневою системою оказываютъ большое сопротивленіе образованію овраговъ. Наоборотъ, благоприятствующими росту овраговъ являются песчанистые мергели, лесовидные суглинки, прорѣзанные трубочками, канальцами и порами; очень легко размывается также и супесчаный черноземъ.

Кромѣ естественныхъ условій, человѣкъ, въ его неразумной хозяйственной дѣятельности, создаетъ еще искусственныя условія, благоприятствующія не только росту существующихъ овраговъ, но и ведущія къ возникновенію новыхъ. Такими условіями являются: истребленіе лѣсныхъ и кустарниковыхъ породъ въ приовражной полосѣ и по склонамъ, проведеніе канавъ и бороздъ вдоль склоновъ, наконецъ, распашка приовражья.

Такъ какъ главную роль въ оврагообразованіи играетъ вода, то и техническіе приемы оврагоукрѣпительныхъ работъ должны быть основаны на мѣрахъ борьбы съ разрушительною ея дѣятельностью, и такъ какъ вся задача укрѣпленія оврага заключается въ прекращеніи его роста въ длину, ширину и глубину, то съ этою цѣлью работы дѣлятся на три категоріи:



1) задержаніе воды на пути къ оврагу, чтобы уменьшить ея скорость (укрѣпление предовражья);

2) ослабленіе разрушительной силы воды, сбѣгающей по оврагу съ его вершины (укрѣпление вершины);

3) противопоставленіе разрушающему дѣйствію воды искусственно укрѣпленнаго ложа и боковъ въ мѣстахъ размыва (укрѣпление дна).

Составленію проекта укрѣпленія предшествуютъ изысканія. Состоятъ они въ томъ, что прежде всего снимается планъ мѣстности до границъ водораздѣла, съ выдѣленіемъ въ немъ какъ очертанія самаго оврага, такъ и пріовражья, т. е. площади, уже испорченной оврагомъ. Затѣмъ, пробивается ось оврага и черезъ каждыя 10 саженъ перпендикулярами опредѣляется дно. Далѣе, находятъ живое сѣченіе въ головѣ оврага, отмѣчается горизонтъ высокихъ водъ, опредѣляется уклонъ ( $i$ ) на ста саженяхъ выше оврага, занивеллируется продольный профиль по дну, съ пикетами черезъ 10 саженъ, на пикетахъ берутъ поперечныя профили, наконецъ, съемкой или по трехверстной картѣ опредѣляютъ площадь водосбора оврага и длину бассейна.

Проектъ работъ находится въ зависимости отъ характера и размѣровъ разрушительной дѣятельности оврага, отъ быстроты, съ которою должна вестись работа, отъ средствъ, имѣющихся въ распоряженіи техника, отъ матеріаловъ, имѣющихся подъ руками, и пр. Въ однихъ случаяхъ ограничиваются частными пріемами въ видѣ укрѣпленія вершины или постановки на днѣ запруды; въ другихъ же—примѣняются всѣ способы, которыми достигается прекращеніе всѣхъ оврагообразовательныхъ процессовъ, начиная съ задержки потока передъ оврагомъ и кончая планировкой откосовъ и облѣсеніемъ ихъ. Такимъ образомъ, каждая работа является совершенно самостоятельной, независящею отъ другихъ, и послѣдовательнаго порядка, чередованія работъ при закрѣпленіи овраговъ не наблюдается.

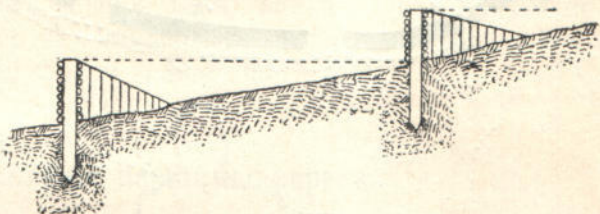
Вопросъ о томъ, нужно ли укрѣплять овраги или предоставить имъ развиваться въ природныхъ условіяхъ, не можетъ быть рѣшенъ въ общей формѣ. Для каждаго отдѣльнаго случая долженъ быть учтенъ какъ вредъ отъ оврага теперь и въ его будущемъ, такъ и затраты на его укрѣпление. Вопросъ рѣшается простымъ подсчетомъ стоимости работы и оцѣнкою площади пропадающей земли, прибавивъ сюда 4—5% на удлинение переѣздовъ, на порчу покосовъ, изсушеніе грунта и пр.



## § 1. Задержаніе воды на пути къ оврагу.

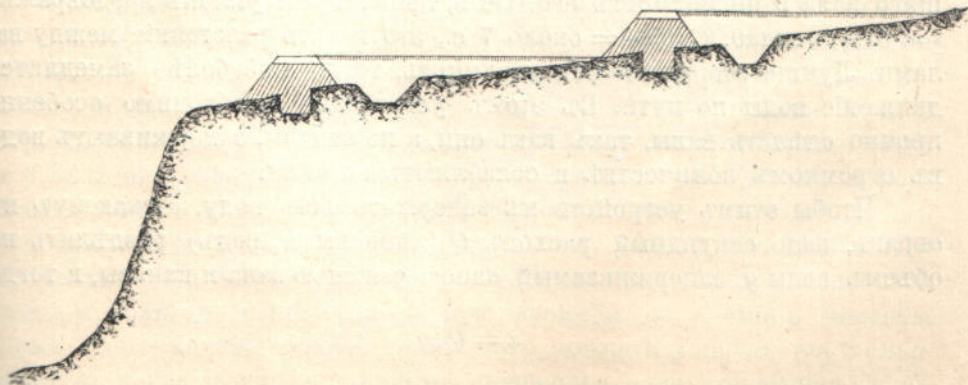
Всякія, даже самыя незначительныя, борозды, межи, водороины, проводящія воду къ оврагу, являются опасными въ смыслѣ ихъ легкой размываемости и быстрого обращенія въ оврагъ; поэтому всѣ такія промоины должны быть укрѣплены; кромѣ того, въ цѣляхъ уменьшенія скорости теченія сбѣгающей по склону воды, самымъ первымъ мѣропріятіемъ должно явиться устройство прегражденій поперекъ склона.

На промоинахъ ставятся плетни, поднимающіе воду на 0,15 с. и на разстояніи одинъ отъ другого на величину подпруды, при чемъ для образованія подпруды за плетнемъ (фиг. 253) съ нагорной стороны дѣлается отсыпка съ полуторнымъ откосомъ. Подъ плетнемъ долженъ быть уложенъ слой хвороста или соломы, такъ какъ сливающаяся вода можетъ вырыть яму и подмыть плетень. Хвостъ долженъ быть сильно посаженъ чекушею. Концы плетня запускаются въ берега промоины по 1 аршину. Кромѣ плетней, промоины укрѣпляются еще лотками хворостяными и дерновыми.



Фиг. 253.

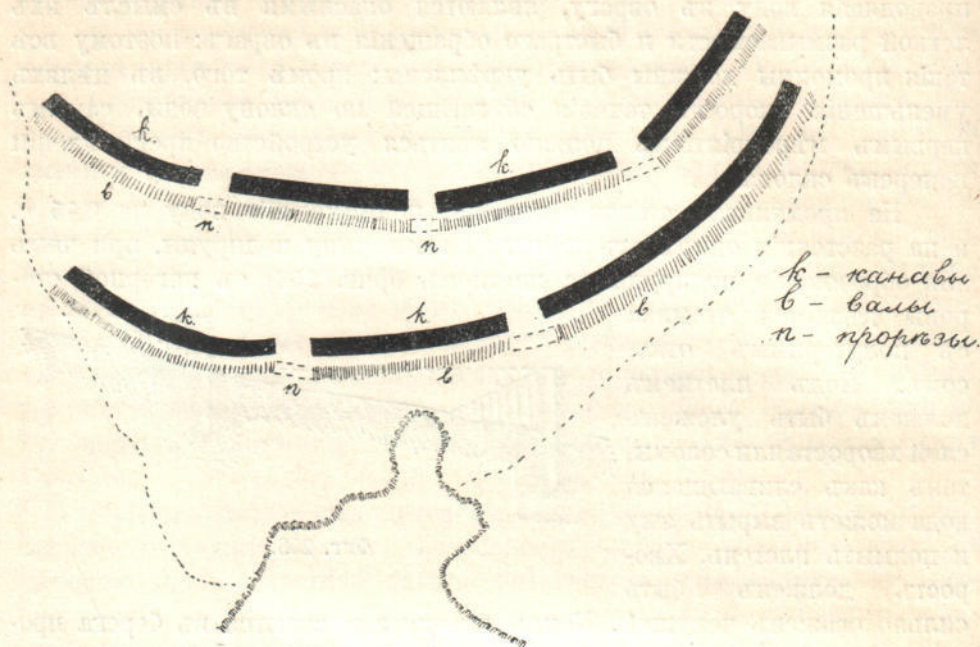
Укрѣпленіе предоваржья дѣлается слѣдующимъ образомъ: отступивъ отъ вершины оврага сажени на 3, проводится канава съ горизонтальнымъ дномъ, размѣрами: глубиною 0,33 саж., шириною по дну 0,18 саж. съ одинарными откосами, т. е. по верху 0,84 саж. Изъ вынутой земли, ниже канавы, оставивъ берму въ 0,15 саж., насыпается валъ въ 0,33 саж. высотой, съ горизонтальнымъ гребнемъ (фиг. 254). Такіе валы и канавы проводятся по горизонталямъ вверхъ поперекъ



Фиг. 254.



всего бассейна. Для пропуска избытка воды въ валахъ дѣлаются прорѣзы, шириною въ 1 саж., глубиною 0,06 саж. и обдерновываются. Противъ этихъ прорѣзовъ канавъ не дѣлають (фиг. 255). Валу своими



Фиг. 255.

концами или упираются въ естественное возвышеніе, или у конца бассейна загнбаются вверхъ, образуя рядъ прудковъ. Длина этихъ замкнутыхъ частей опредѣляется такъ: вычитая изъ полной высоты вала (0,33) глубину прорѣзовъ (0,06), получимъ 0,27 и дѣлимъ эту величину на уклонъ бассейна  $i$ . Разстояніе же между валами (и канавами) опредѣляется дѣленіемъ полной высоты (0,33) на тотъ же уклонъ  $i$ , благодаря чему вода не достигнетъ основанія вышележащаго вала и не подмоетъ его. Такъ, напр., пусть уклонъ предовражъ  $i = 0,04$ , тогда  $0,27:0,04 = \text{около } 7 \text{ с.}$ , это и есть разстояніе между валами. Лучше это разстояніе увеличить, тогда еще болѣе замедлится движеніе воды по пути. Въ этомъ устройствѣ необходимо особенно прочно сдѣлать валы, такъ какъ они, а не канавы, задерживаютъ воду въ огромномъ количествѣ и ослабляютъ ея силу.

Чтобы этимъ устройствомъ задержать всю воду, стекающую въ оврагъ, надо секундный расходъ  $Q$  (ливневыхъ водъ) раздѣлить на объемъ воды  $q$ , задерживаемый одною саженью вала и канавы, и тогда

$$x = Q : q$$

получимъ нужную величину  $x$  погонныхъ саж. канавъ съ валами.



Величина  $q$  складается изъ  $q_1$ —пог. саж. канавы и  $q_2$ —пог. саж. вала. Живое сѣченіе канавы  $f$ , при одинарныхъ откосахъ, будетъ:

$$f = \frac{0,84 + 0,18}{2} \times 0,33 = 0,168 \text{ кв. с.}$$

и слѣдовательно объемъ воды въ 1 пог. саж. канавы  $q_1 = 0,168$  куб. с., объемъ же одной погонной сажени воды  $q_2$ , задерживаемой валами, будетъ равенъ длинѣ прудка  $\frac{0,27}{i}$  (въ вышеприведенномъ примѣрѣ 8 саж.), умноженной на среднюю его глубину, т. е. на  $\frac{0,30}{2}$ , т. е. на 0,15 саж.

Такимъ образомъ эта величина  $q_2$  зависитъ отъ уклона.

Найдя, такимъ образомъ, общую длину канавъ и валовъ, мы по своему усмотрѣнію дѣлаемъ ихъ или короткими, но въ нѣсколько ярусовъ, или болѣе длинными, но при маломъ ихъ числѣ.

## § 2. Укрѣпленіе вершины оврага.

Оврагъ растетъ своею вершиною, которая размывается стекающею водою и разрушается, поэтому укрѣпленіе вершины является самою важною работою. Въ простѣйшемъ случаѣ для остановки или ослабленія роста вершины примѣняется устройство отсыпи изъ крупнаго камня, уложеннаго подъ обрывомъ: падающая на эту отсыпь вода раздробляется на струи между камнями и съ ослабленною силою течетъ по дну. Обыкновенно же, чтобы остановить ростъ оврага или практикуютъ, какъ палліативъ, отводъ воды на сторону или всю воду направляютъ въ вершину, прочно укрѣпленную по типу водосливовъ, ступенчатыхъ террасъ и лотковъ.

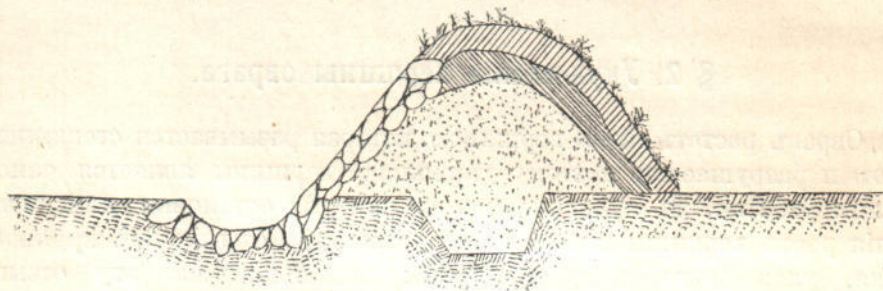
### А. Отводъ воды въ сторону.

Отводная нагорная канава роется въ 0,33 с. шириною по дну, съ одинарными откосами и укрѣпляется или дерномъ, или камнемъ на мху или на навозѣ. Глубина канавы опредѣляется расчетомъ на величину водосбора, при чемъ уклонъ дна не дается больше 0,01, а скорость—около 0,30 с. Роется канава въ разстояніи не ближе, какъ на 3 саж. отъ главной вершины оврага, огибаетъ ее и уступами подводится или къ боковому отверстию, если онъ болѣе устойчивъ, чѣмъ вершина, или въ долину. Благодаря слабому уклону, который дается дну канавы, она обезпечена отъ размыва, но зато быстро заносится иломъ и поэтому ее приходится отъ времени до времени чистить. Кромѣ этого, канава забивается снѣгомъ, который уплотняется и смерзается, и, когда весною начинается половодье, вода, стекающая съ по-



лей, не задерживается канавою, пробѣгаетъ черезъ нее и попадаетъ въ оврагъ, такимъ образомъ роль замерзшей канавы сводится къ нулю. Эти обстоятельства заставляютъ отдавать предпочтеніе струеотводнымъ дамбамъ или валамъ.

Валь, какъ и канава, огибаетъ очертаніе оврага въ разстояніи отъ него не ближе 3 саж. Прежде всего, когда линія вала намѣчена на мѣстѣ, по этой линіи роется канавка (замокъ); заполняется глиною и тщательно трамбуется. Затѣмъ, основаніе подъ будущимъ валомъ очищается отъ дерна, взрыхляется и на него слоями насыпается глина, которая также плотно трамбуется. По мѣрѣ поднятія глиняный валь суживается. Далѣе, валь покрывается съ боковъ и сверху слоемъ чернозема и дернуется. По верху валамъ даютъ ширину не меньше 0,30 с., высота же опредѣляется по расчету, чтобы самая высокая вода не была выше вала, а тѣмъ болѣе, чтобы черезъ него она не переливалась. Нагорный откосъ вала слѣдуетъ замостить камнемъ на навозѣ (фиг. 256), а впереди надо сдѣлать лотокъ шириною въ 0,30 с.



Фиг. 256.

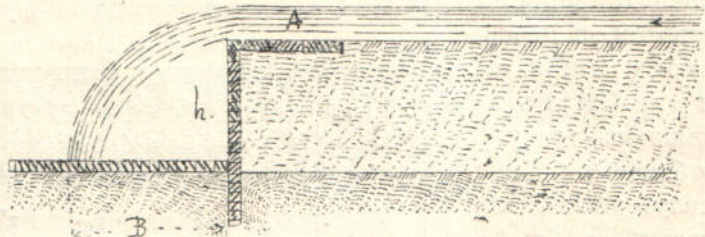
Если такой валь пролегаетъ около проѣзжей дороги, то онъ черезъ каждую 1 саж. ограждается тумбами. Если камня подъ рукою нѣтъ, то на переднемъ фасадѣ ставятъ плетень.

## В. Террасы.

Сущность террасированія состоитъ въ томъ, что вода, падая съ уступа на уступъ, теряетъ свою живую силу при послѣдовательномъ рядѣ ударовъ и спускается на дно оврага съ первоначальною, а не съ увеличенною скоростью, и разрушительное дѣйствіе воды, такимъ образомъ, значительно ослабляется. Съ этою цѣлью, главную вершину оврага искусственно удлиняютъ, врѣзываясь въ материкъ рядомъ уступовъ или террасъ. Террасы должны быть непремѣнно врѣзанными, материковыми, насыпныхъ террасъ допускать нельзя. Маленькія терраски, сильно страбмованныя и подкрѣпленныя послѣ осадки, могутъ примѣняться только въ узкихъ и неглубокихъ промоинахъ, хотя для по-



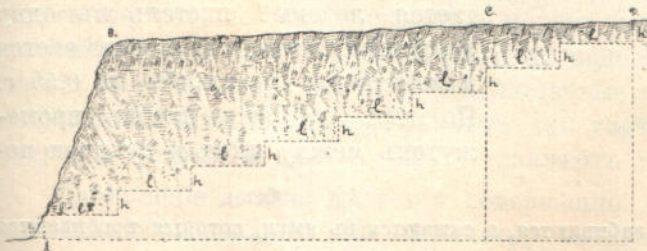
слѣднихъ существуютъ и болѣе простые и болѣе цѣлесообразные приемы закрѣпленія. Итакъ, при террасированіи вершины, какъ площадки, такъ и уступы, должны быть сдѣланы въ прочномъ, нетронутомъ материкѣ и при этомъ непременно должны быть основательно укрѣплены. Вода, падая съ уступовъ, производитъ рядъ ударовъ, и та часть площадки, которая принимаетъ на себя струю, должна быть настолько прочною, чтобы не подвергнуться разрушительному дѣйствію удара. Величина этой части площадки *В* (фиг. 257), куда достигаетъ падающая (въ видѣ параболы) струя, берется не меньше высоты порога *h*, плюсъ толщина проходящей струи. Кромѣ части *В*, на площадкѣ должна быть также укрѣплена и часть *А*, непосредственно прилегающая къ уступу, такъ какъ въ этомъ мѣстѣ скорость скатывающейся съ уступа воды большая, а слѣдовательно и разрушительная сила ея здѣсь больше, нежели въ передней части террасы.



Фиг. 257.

Поверхность террасъ по ихъ длинѣ дѣлается или горизонтальною или понижается къ уступу съ уклономъ въ 0,01; въ поперечной же профили площадкамъ даютъ лоткообразный видъ для того, чтобы вода у стѣенокъ оврага не производила размыва.

Высота пороговъ находится въ зависимости отъ матеріала, ихъ укрѣпляющаго, и дѣлается отъ 0,15 до 0,30 саж. При расчетѣ задаются этою высотой и ширина же опредѣляется расходомъ *Q*, какъ и для лотковъ (см. ниже). Шире 1 с. площадки не дѣлаются, такъ какъ при очень большой стоимости земляныхъ работъ дешевле вмѣсто террасъ поставить лотокъ. Что же касается длины, то она не должна быть меньше двойной высоты порога и, въ зависимости отъ укрѣпляющаго матеріала, длина дѣлается равною тройной или даже четверной высотѣ; тѣмъ площадка длиннѣе, тѣмъ протеканіе струи спокойнѣе, но тѣмъ дальше оврагъ врѣзается въ материкъ и тѣмъ дороже стоитъ работа.



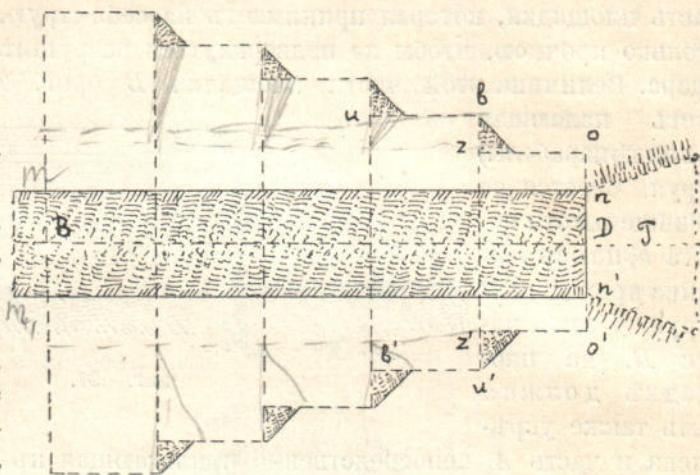
Фиг. 258.

При составленіи проекта террасированія строятъ профиль продольнаго разрѣза оврага *ABCD* (фиг. 258) и, задавшись высотой уступовъ *h* и длиною



площадокъ *l*, наносятъ тѣ и другія на профиль, опредѣляя, такимъ образомъ какъ число террасъ, такъ и ту длину, на которую придется вѣрзаться въ материкъ.

Въ натуру проектъ переносится слѣдующимъ образомъ: провѣшивается ось отъ *B* до *D* (фиг. 259). Въ *D*, на перпендикулярѣ къ оси, отбиваются въ обѣ стороны *Dn* и *Dn'*, равныя половинѣ ширины террасы, и пробиваются линіи *mt* и *n'm*. Затѣмъ на каждомъ уступѣ отбиваютъ бровки полоторныхъ откосовъ *oz*, *o'z*, *bu*, *b'u'* и т. д. Далѣе уже выше намѣчаютъ приѣмникъ *T*, длиною въ 1 саж. и шириною

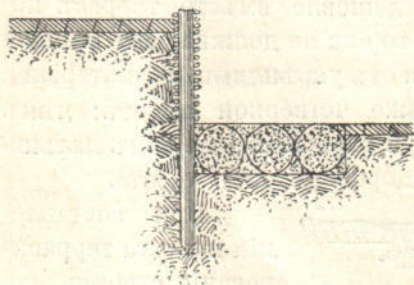


Фиг. 259.

воронки въ  $1\frac{1}{2}$ —2 саж. Послѣ этого приступаютъ къ выемкѣ земли.

По окончаніи земляныхъ работъ приступаютъ къ укрѣпленію террасъ.

Простѣйшее укрѣпленіе плетнями и фашинами состоитъ въ слѣдующемъ: у основанія террасы, по линіи уступа, роется узенькій ровикъ и вѣрзывается въ бока по 0,50 с. въ каждую сторону. Въ этотъ ровикъ на 0,04 саж. отъ порога забиваются попеременно дубовые и лозовые колья <sup>1)</sup>, толщиною въ 1—1 $\frac{1}{2}$  вершка, полагая на сажень 7 кольевъ. При этомъ они забиваются такъ, чтобы верхушки ихъ



Фиг. 260.

возвышались надъ поверхностью террасы дюйма на 2. Размѣры кольевъ должны быть таковы, чтобы часть кола надъ землей была равна части его въ землѣ (фиг. 260).

Послѣ забивки кольевъ заплетается лозовый плетень въ одну хворостину, тщательно осаживается и вилается въ откосы на 0,50 с. По мѣрѣ поднятія плетня промежутокъ между нимъ и стѣнкою по-

<sup>1)</sup> Лозовые колья не забиваются, а сажаются въ ямки, которые пробиваются особымъ сажалымъ коломъ съ желѣзнымъ наконечникомъ.

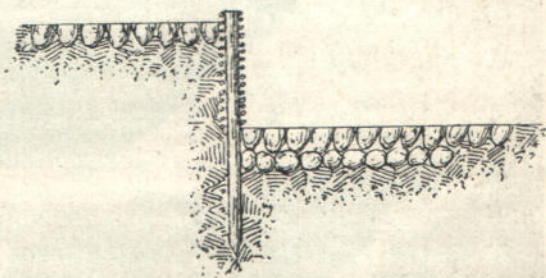


рога тщательно затрамбовывается глиною съ навозомъ (то же дѣлается и въ бокахъ, куда запущены концы плетня). Затѣмъ, у основанія плетня роется канавка, глубиною немного больше, чѣмъ діаметръ двукомельной фашины (7 дюйм.). На дно канавки кладутъ слой навоза, на который укладывается фашина, при чемъ она также заходитъ по 0,50 с. въ бока. Затѣмъ фашина плотно забивается глиною съ навозомъ; то же дѣлается и съ концами фашины, запущенными въ откосы, послѣ чего эти части откосовъ дернутся. Рядомъ съ первою фашиною укладывается вторая, третья и т. д.; число всѣхъ фашинъ должно быть таково, чтобы сумма ихъ діаметровъ равнялась полуторной высотѣ уступа. Далѣе, за ударною частью, площадка дернется вплоть до слѣдующаго порога. Откосы на высоту, равную высотѣ уступа, укрѣпляются или плетнями или дерновкой, какъ это говорилось въ статьѣ объ укрѣпленіи водосливнаго канала.

Описанное укрѣпленіе является мало прочнымъ: въ особенности при большемъ секундномъ расходѣ: вода проникаетъ внутрь фашины, просачивается къ дну канавокъ, подмываетъ плетни и разрушаетъ откосы. Чтобы уменьшить разрушительную силу воды, уступы не слѣдуетъ дѣлать выше 0,15 с.

Укрѣпленіе получается болѣе надежнымъ, если ударную часть вмѣсто фашинъ укрѣпить мощеніемъ.

Плетни въ этомъ случаѣ ставятся совершенно такъ же, какъ и въ предыдущемъ способѣ, а по площадкамъ дѣлаютъ каменную мостовую въ тычекъ на навозѣ или на мху; при этомъ ударная часть на длину въ полторы высоты уступа дѣлается изъ двойной мостовой (фиг. 261), а остальная часть и откосы—изъ одиночнаго мощенія.



Фиг. 261.

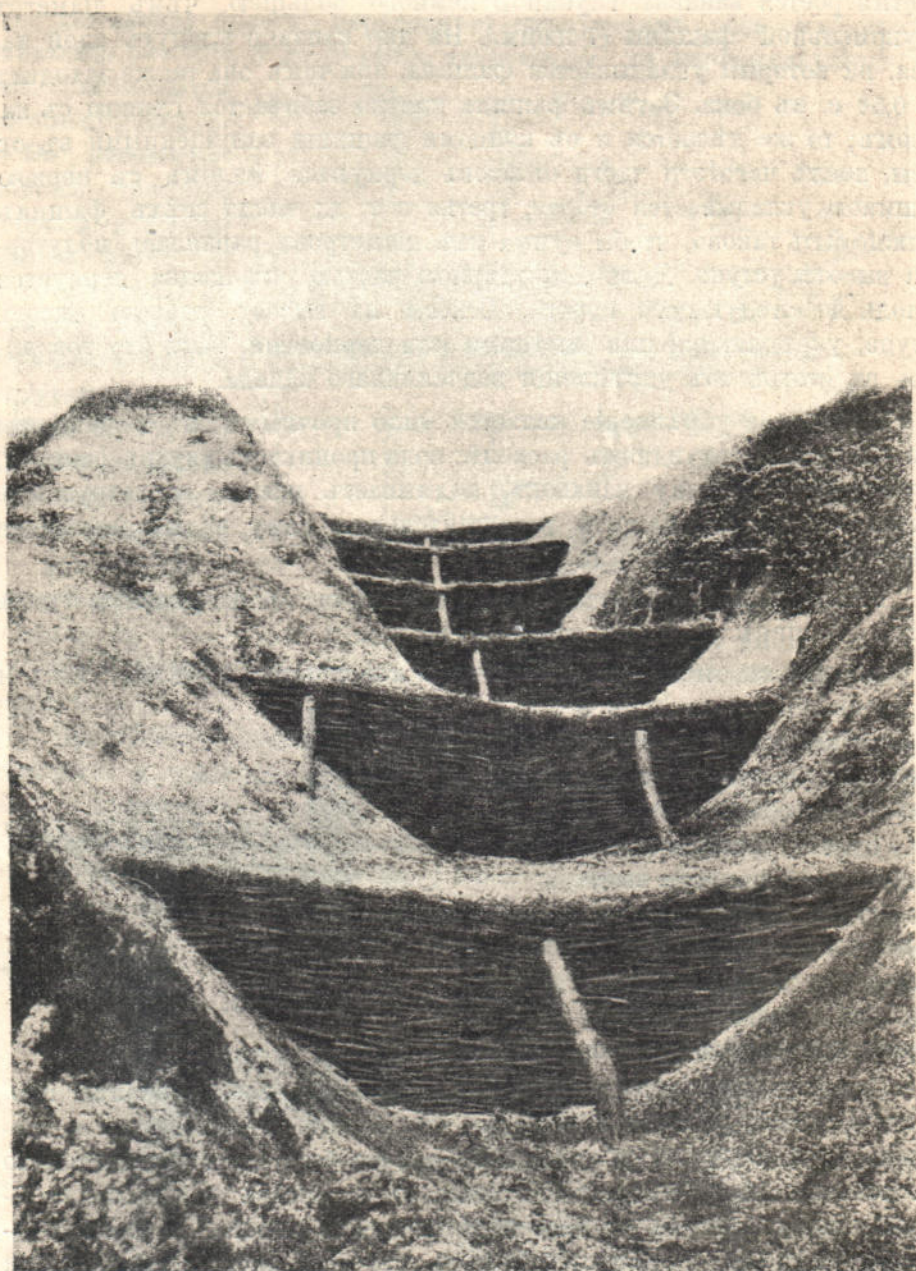
Пороги при такомъ укрѣпленіи можно дѣлать высотой до 0,25 с.

Плетневое укрѣпленіе (фиг. 262) самое дешевое, наиболѣе простое и хорошее въ томъ отношеніи, что живые плетни даютъ со временемъ поросль, но такія укрѣпленія могутъ быть примѣняемы только при небольшомъ расходѣ, когда площадь водосбора не больше 25 десятинъ; при большемъ же бассейнѣ плетневые пороги становятся недостаточными и тогда или примѣняютъ для укрѣпленія болѣе стойкій матеріалъ—дерево и камень, или устраиваютъ лотки.

Укрѣпленіе досками дѣлается совершенно подобно уступчатому деревянному водосливу. По периметру забиваются сваи такой высоты, чтобы перекрытыя насадкой онѣ были выше слоя протекающей



воды. Къ этимъ сваямъ въ пазъ или четверть прибивается дощатая заборка изъ полуторавершковыхъ досокъ или двухвершковыхъ пла-



Фиг. 262.

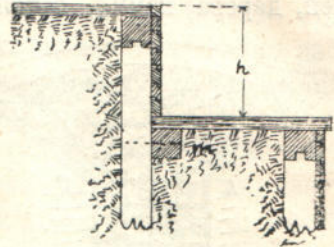
стинъ въ закрой. Для образованія уступа, къ сваямъ прибавляется насадка (фиг. 263) съ такимъ расчетомъ, чтобы высота отъ доща-



таго пола перваго уступа до дощатаго настила втораго уступа равнялась расчетной высотѣ уступа  $h$ .

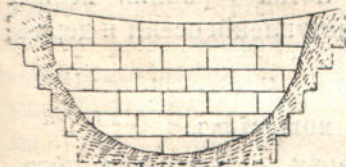
Половые вершковыя доски конопатятся и осмаливаются, а на площадкѣ подъ поломъ набивается слой щебня и песка. При этомъ способѣ укрѣпленія пороги дѣлаются вышиною до 0,33 с.

Пороги можно дѣлать и выше—до 0,50 саж., но для устройства ихъ надо брать и болѣе плотный лѣсъ; такъ, сваи должны быть 6-ти вершковыя, доски или въ  $3\frac{1}{2}$  д., или пластины и всѣ соединенія надо дѣлать значительно прочнѣе, чѣмъ на уступахъ въ 0,33 с.



Фиг. 263.

При укрѣпленіи порога *каменъ* стѣнка выводится одновременно съ укрѣпленіемъ порога. У основанія террасы роется канава, шириною 0,30 с. плюс  $h$  (высота уступа), а глубиною сотокъ въ 4. Дно канавы трамбуется и на немъ выводится кладка на цементномъ растворѣ. Упорная стѣнка на порогъ выводится толщиною въ 0,25 с. и запускается въ бока оврага на 0,50 с. уступами (фиг. 264). Прозоръ



Фиг. 264.

между каменной стѣнкой и землянымъ порогомъ плотно забивается глиною съ примѣсью битаго кирпичка. Свободная часть площадки и откосы укрѣпляются камнемъ на мху и на навозѣ. Въ этомъ способѣ укрѣпленія порогамъ можно дать высоту въ 0,40 с.

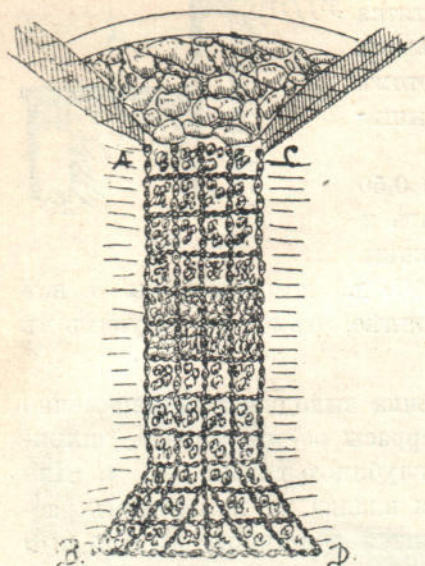
Стѣнки террасъ при деревянныхъ и каменныхъ укрѣпленіяхъ дѣлаются вертикальными, откосы же выемки въ оврагъ съ одинарнымъ наклономъ. Приѣмникъ Г (фиг. 259) выполняется совершенно такъ же, какъ и у лотковъ; именно для укрѣпленія плетнями приѣмникъ дѣлается какъ у хворостяныхъ лотковъ (фиг. 265) при укрѣпленіи деревомъ—какъ у лотковъ деревянныхъ (фиг. 266).

### В. Лотки.

Укрѣпленіе вершины оврага, постановкою въ ней наклоннаго лотка, имѣетъ то преимущество передъ террасированіемъ, что, во-первыхъ, опасность разрушенія лотка значительно меньше, чѣмъ террасъ, а, во-вторыхъ, земляныя работы при устройствѣ лотка въ общемъ незначительны, тогда какъ при террасированіи получается очень много земли, которую зачастую дѣвать некуда и приходится ее отвезти иногда на большое разстояніе, что, разумѣется, ложится не малымъ накладнымъ расходомъ на работу.



Лотки устраиваютъ изъ разнообразныхъ матеріаловъ: изъ плетней, дерева, камня, бетона и даже желѣза. Въ небольшихъ промоинахъ практикуется выстилка хворостомъ и фашинами, но такого рода лотки быстро портятся, требуютъ постоянного ремонта и потому совершенно не выполняютъ своего назначенія; значительно лучшими для промоинъ являются дерновые лотки. Въ землѣ дѣлается желобообразная выемка и покрывается дернинами, которыя прибиваются вербовыми спицами. Для болѣе плотнаго соединенія дернины срѣзываются наискось. Приемная часть лотка расширяется въ видѣ воронки. Послѣ дерновки по всему лотку дѣлаютъ посадку вербовыхъ кольевъ. Самое лучшее время для устройства лотка — ранняя весна, тогда до наступленія осени и дернъ



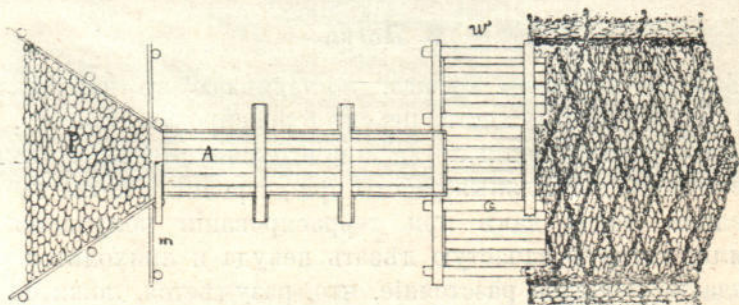
Фиг. 265.

и посадки успѣютъ вполнѣ принятыся.

### Лотокъ плетневый съ каменнымъ мощеніемъ.

Обрывъ вершины отъ дна оврага кверху срѣзывается подъ тройной откосъ. На этомъ откосѣ разбивается сѣтъ плетневыхъ квадратовъ по 0,30 с. въ сторонѣ, а высотой надъ землею въ 0,05 с. Колья при этомъ берутся вербовые въ 0,25 с. длиною. Крайніе плетни АВ и СД (фиг. 265) ставятся высотой въ 0,25 с., для чего колья берутся въ 0,5 саж. Клѣтки между плетнями замащиваются камнемъ на навозѣ или на мху въ тычокъ и щели плотно зацебениваются и забиваются навозомъ.

Въ серединѣ и по бокамъ дѣлается простановка изъ крупныхъ камней.



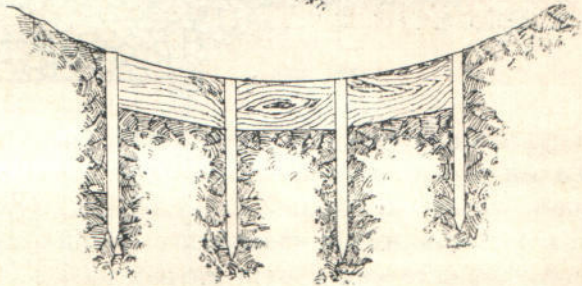
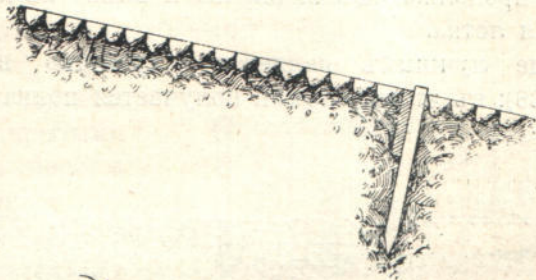
Фиг. 266.



Такимъ лоткамъ дается ширина не больше 0,50 с. На днѣ оврага выходная часть лотка оканчивается горизонтальною площадкою, длиною равною высотѣ обрыва, при чемъ эта площадка постепенно расширяется. Приѣмная площадка также расширяется, плотно заманивается камнемъ и заливается цементомъ.

Заливка мостовой цементомъ однакоже мало практична потому, что если основаніе лотка глинистое, то глина пучится, поднимаетъ камень, цементъ даетъ трещины, въ которыя заходитъ вода, и мостовая разстраивается.

Уклонъ площадки не долженъ быть больше 0,03. Очень хорошо въ мѣстѣ перехода площадки въ лотокъ сдѣлать маленькую 0,30 саж. шпунтовую стѣнку изъ дерева или кирпича (толщиною въ 1 кирпичъ). По бокамъ площадки дѣлаются направляющіе валики, укрѣпленные дерномъ.



Фиг. 267.

При длинныхъ мощеныхъ лоткахъ, въ предупрежденіе выносовъ камня, дѣлаются или каменные на растворѣ упорныя плечи (фиг. 56) или упорки устраиваются изъ досокъ (фиг. 267).

### Лотокъ деревянный.

Обрывъ вершины скашивается отъ полуторнаго до двойного откоса. По обѣимъ сторонамъ этого откоса забиваются сваи одна противъ другой, черезъ 1 саж. центръ отъ центра. Къ этимъ парамъ свай прирѣзываются дубовыя поперечины на высотѣ отъ земли сотокъ въ 10 (фиг. 266). На поперечины настиляется полъ и прибивается 5-дюймовыми гвоздями. Такимъ образомъ, настилъ поднять надъ землею. Это дѣлается для предохраненія дна лотка отъ загниванія. Если ширина лотка больше 1 саж., то поперечины посрединѣ подпираются еще промежуточнымъ столбомъ. Стѣнки желоба выполняются изъ досокъ или изъ пластинъ, кромки тѣхъ и другихъ обдѣлываются въ четверть. Доски изнутри лотка прибиваются 6-дюйм. гвоздями. Наверху свай нарубаются шипы, на нихъ помѣщаются хомуты

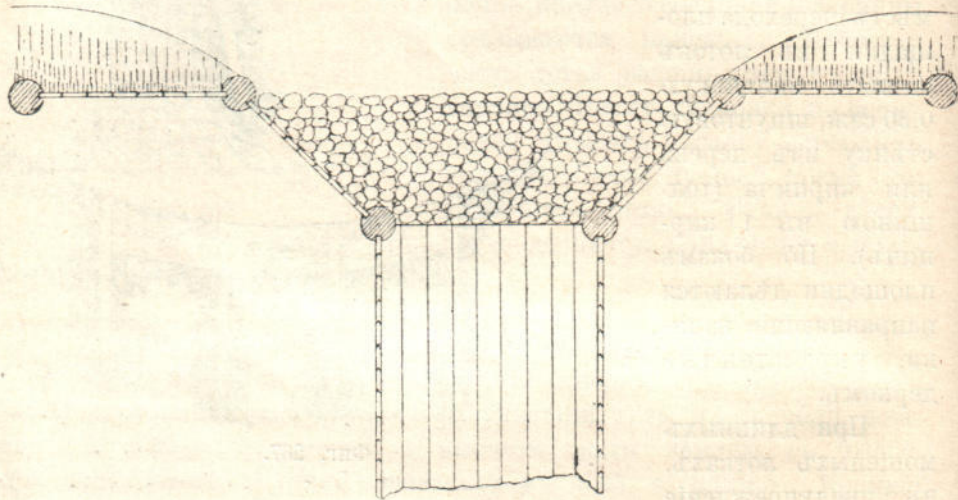
насадки



насадки

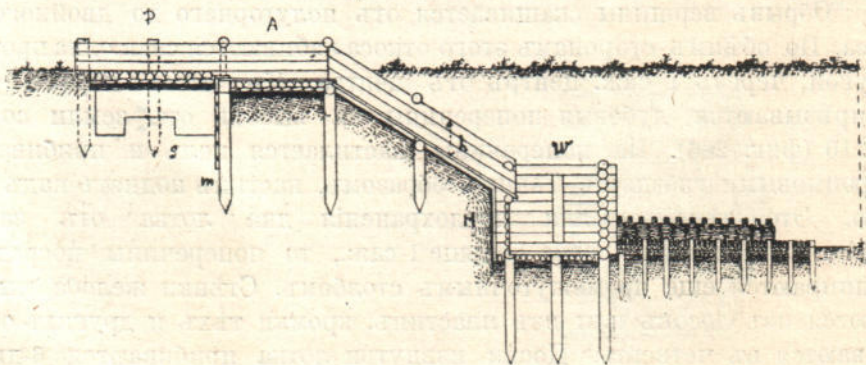
сквозными гнѣздами, при чемъ шипы расклиниваются а сваи и хомуты схватываются скобами. Затѣмъ дѣлають конопатку и (если сухое дерево) осмолку. Верхняя входная горизонтальная площадка *A* (пріемникъ) устраивается такъ, чтобы половой ея настиль приходился на уровнѣ земли. Передъ входомъ въ лотокъ устраивается горизонтальная площадка изъ камня на навозѣ или на мху, расширяющаяся и ограниченная тоже деревянною заборкою. Въ передней части этой площадки дѣлается глиняный замокъ *s*, а у входа, для большей непроницаемости, устраивается дощатая заборка *m* стѣнкою въ закрой, продолжающаяся вправо и влево на длину, равную ширинѣ отверстия лотка.

Еще лучшимъ является устройство воронокъ шпунтовыхъ (фиг. 268); въ этомъ случаѣ получается полная гарантія защиты отъ



Фиг. 268.

подмыва или обхода ихъ водою. Выходной конецъ лотка на днѣ оврага оканчивается или водобойнымъ колодцемъ или, такъ называемымъ, водобойнымъ ящикомъ *w* (фиг. 269а), но только не рисбермой, по-

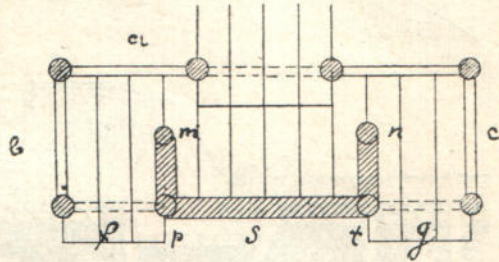


Фиг. 269а.

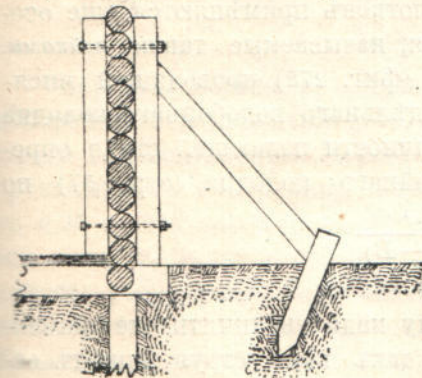


тому, что, въ этомъ случаѣ, сбѣгающая по лотку вода къ концу своего движенія, т. е. на днѣ оврага, приобретаетъ такую разрушительную скорость, которая является опасною для дна оврага, подножья скатовъ и ближайшихъ поперечныхъ загражденій.

Водобойный ящикъ устраивается слѣдующимъ образомъ. Лотокъ не спускается на самое дно оврага, а оканчивается на уступѣ *H* (фиг. 266а) въ 0,50 саж. По стѣнкѣ этого уступа сваями и дощатою заборкою, образованъ ящикъ, шириною въ 3 ширины лотка, высотой равный высотѣ лотка *h* плюсъ высота уступа *H*, а длиною не менѣе какъ въ  $1\frac{1}{2}$  высоты уступа *H*. Три стороны этого ящика *a*, *b* и *c* (фиг. 269) забраны крѣпкими дубовыми досками или пластинами, въ четвертой же сторонѣ, обращенной къ оврагу, оставлены боковыя части *f* и *g* открытыми и только имѣющими полъ, а сверху перекрывающую ихъ насадку; средняя же часть *s* сдѣлана изъ дубовыхъ бревень (съ плотною припазовкою), впущенныхъ торцами въ сваи *p* и *t*; такими же бревнами между



фиг. 269.



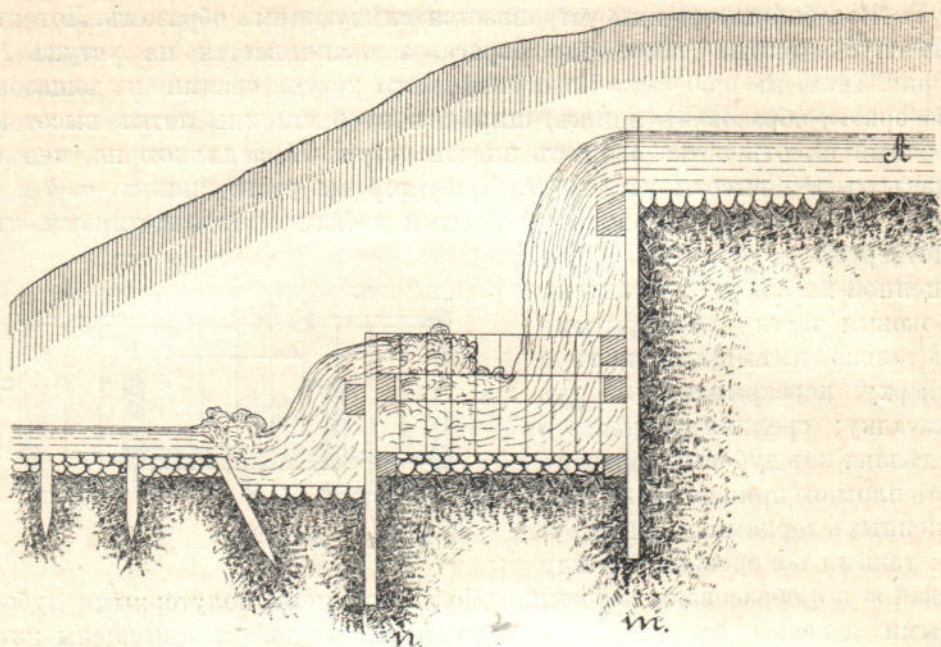
Фиг. 270.

свай *m* и *n* образованы коротыши. Полъ замощенъ полуторными дубовыми досками въ закрой, при чемъ концы досокъ выпущены изъ отверстій *f* и *g* на мощеную въ плетняхъ выходную часть. Вода, спускающаяся по лотку въ ящикъ, встрѣчаетъ срубъ *m p t n*, ударяется въ него и уже съ значительно надломленною силою, раздѣлившись на двѣ части, успокоенная выходитъ черезъ отверстія *f* и *g*. Если обрывъ высокъ и вода проходитъ большою массою, развивая значительную силу то, для большей надежности, срубъ *f g* подпирается однимъ или двумя контрфорсами (фиг. 270). Вообще же всѣ части ящика должны быть сдѣланы прочно, крѣпко и мѣста врубокъ и соединеній свай съ насадками должны быть усилены скобами и хомутами.

Если обрывъ вершины невысокъ, не больше 1—2 саж., то онъ укрѣпляется однимъ перепадомъ или по типу фиг. 44, или по фиг. 271. Въ послѣднемъ случаѣ вода подводится лоткомъ *A* къ вершинѣ, съ которой падаетъ сначала въ одинъ водобойный колодезь, а затѣмъ переливается въ другой. Земля подъ дномъ лотка, передъ порогомъ, отмачивается камнемъ, дно второго водобоя также отмачивается, а



въ первомъ колодцѣ дно дѣлается изъ каменной наброски. Стѣнки порога *m* и колодца *n* выполняются шпунтами. Дно оврага дальше за водобойными колодцами укрѣпляется не меньше, какъ на сажень камнемъ въ свайкахъ.



Фиг. 271.

Кромѣ наклонныхъ деревянныхъ лотковъ примѣняются еще особаго типа горизонтальные *висячіе* лотки, называемые также *лейками*. Такой лотокъ состоитъ изъ пріемника (фиг. 272) проводящей висячей части *A*, подпертой столбами, и отдѣльнаго водобойнаго колодца. Мѣсто послѣдняго по свойству параболичности падающей струи опредѣляется какъ длина всякаго водобойнаго колодца (стр. 57) по формулѣ

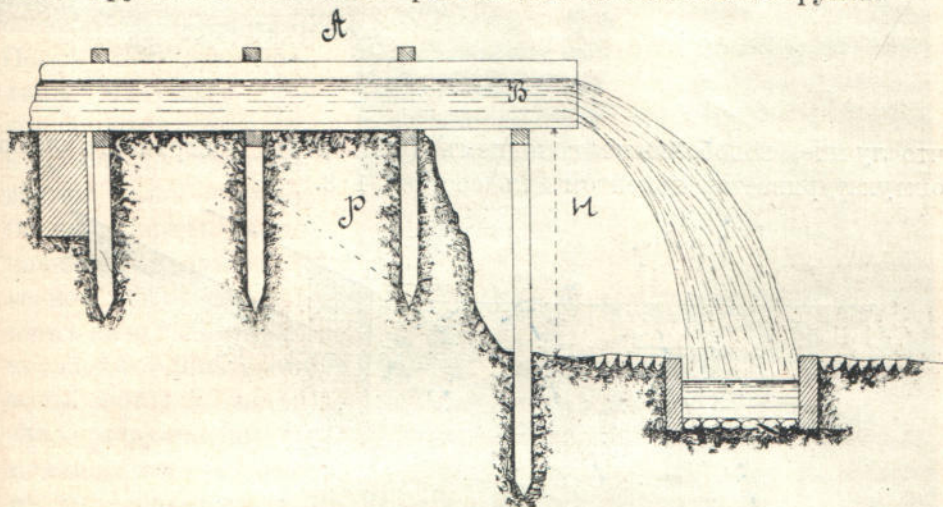
$$l = v \sqrt{\frac{2(H+B)}{g}}$$

Найденную этимъ расчетомъ длину надо увеличить еще приблизительно на 0,25 саж. въ обѣ стороны, такъ какъ струя можетъ отклоняться подѣ дѣйствіемъ вѣтра, дующаго то въ сторону теченія, то противъ него. Дно оврага между колодцемъ и вертикаломъ *H* слѣдуетъ отмостить на мху или на навозѣ. Это необходимо потому, что по параболѣ вода будетъ падать только при работѣ лотка полнымъ сѣченіемъ, при ослабленіи же потока напряженіе струи будетъ уменьшаться и дойдетъ какъ до *минимума*—до капель, отвѣсно падающихъ съ лотка.

Лейки, по сравненію съ наклонными лотками, требуютъ значи-



тельно меньше земляныхъ работъ; самая длина у нихъ меньше и высота обрыва не вліяетъ здѣсь въ такой мѣрѣ на стоимость сооруженія, но при такомъ устройствѣ существенно необходимо, чтобы пріемная часть, въ предупрежденіе обвала вмѣстѣ съ вершиною оврага, была поставлена за призою обрушенія *P*, поэтому при слабыхъ грунтахъ и при возможности оползанія такихъ лотковъ строить нельзя; напротивъ, они весьма подходящи для грунтовъ твердыхъ, каковы, напр., плотныя глины. Само собою ясно, что лейку, какъ и всякій другой лотокъ, нельзя располагать на насыпномъ грунтѣ.



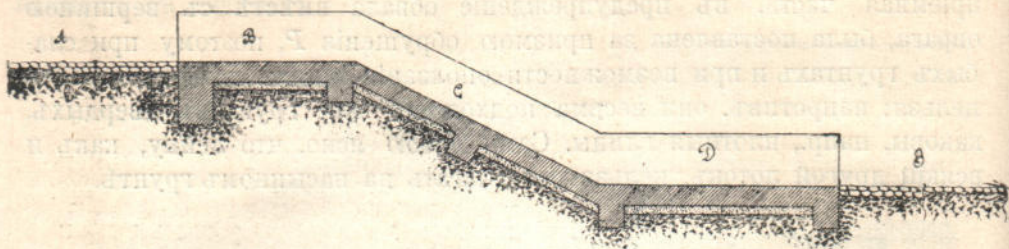
Фиг. 272.

### Лотокъ каменный.

Вершина обрыва срѣзывается до двойного откоса, при чемъ въ поперечномъ направленіи эта срѣзанная поверхность должна быть строго горизонтальною. Черезъ каждыя 0,50 с. на поверхности срѣза прокапываютъ поперечныя канавки, шириною въ 0,20 с., а глубиною въ 0,25 с. Эти канавки должны быть непременно перпендикулярны къ оси лотка и, являясь его звеньями, увеличиваютъ прочность и устойчивость сооруженія. Такія же канавки роютъ и по бокамъ для стѣнокъ лотка, при чемъ линіи канавокъ ведутся уступами по 0,10 с. Кладку изъ камня или сильно обожженнаго кирпича начинаютъ снизу на цементномъ растворѣ въ пропорціи 1 : 4. Толщина дна дѣлается въ 1 кирпичъ, а стѣнокъ въ 1½. Пріемникъ изъ расходящихся отъ входа стѣнокъ, между которыми пространство замащивается или камнемъ на мху (на навозѣ), или кирпичомъ на цементѣ. Въ верхней и нижней части, а также и черезъ 5 саж. по длинѣ устраиваются каменные защитныя стѣнки (пояса) (фиг. 56). Стѣнки углубляются на 0,30—0,60 саж., въ зависимости отъ грунта, ниже дна лотка и запускаются вправо и влево въ берега на 0,50 с. Передъ входомъ

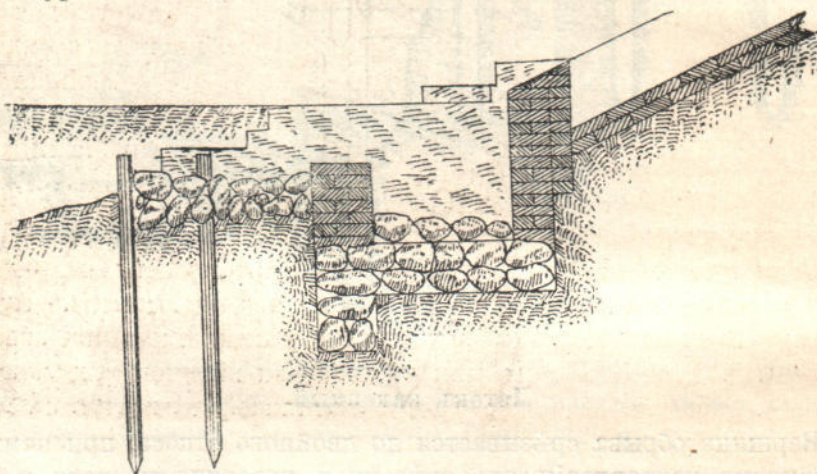


закладывается до глубины материка шпунтовая каменная стѣнка съ плечами въ обѣ стороны. Выходная, на днѣ оврага, часть лотка оканчивается или каменною горизонтальною рисбермою (Д) (фиг. 273)—или,



Фиг. 273.

что лучше, водобойнымъ колодцемъ (фиг. 274). Поверхность лотка оштукатуривается цементомъ въ составѣ 1 : 3.



Фиг. 274.

### Лотокъ бетонный.

Вершина оврага планируется въ двойной откосъ и тщательно провѣряется. Воронкообразный пріемникъ отмащивается двойнымъ мощеніемъ съ проливкою цементнымъ растворомъ. Передъ входною горизонтальною площадкою, какъ и въ каменныхъ лоткахъ Д (фиг. 273) дѣлается глиняный замокъ въ 0,50 с. глубины и въ 0,30 с., толщины; за нимъ бетонная упорная стѣнка, глубиною въ 0,75 саж. и толщиною въ 0,40 саж. Далѣе, въ дно, какъ этой горизонтальной, такъ и наклонной сливной части лотка втрамбовывается щебень, толщиною въ 0,10 саж., а на него накладывается бетонъ, слоемъ въ 0,20 саж. въ составѣ 1 : 3 : 6. Выходная часть на днѣ оврага выполняется водобой-



нымъ колодцемъ (фиг. 275). Последній устраивается слѣдующимъ образомъ. Кругомъ по очертанію колодца вырываются канавки по 0,50 саж. глубины и по 0,15 саж. ширины. Въ канавки набивается бетонъ, прямо въ землю безъ футляровъ и такъ оставляется на недѣлю. Послѣ этого изъ середины будущаго колодца вынимается земля, а на дно накладывается слой камня. Осенью, передъ наступленіемъ морозовъ и весною передъ таяніемъ надо водобойный колодезь очищать отъ воды, которая, замерзая, разрушаетъ цементъ. Поэтому, если въ днѣ оврага выклинивается ключъ, то его надо отвести въ сторону отъ сооруженія, напр., помѣстивъ ключъ въ срубъ и всѣ ключевые выходы, кромѣ того, который сообщается съ срубомъ, забить или цементомъ или, при незначительности водяной струи, просто глиною.



Фиг. 275.

За водобойнымъ колодцемъ дно отмащивается сажени на двѣ камнемъ. Откосы дна на этомъ протяженіи также укрѣпляются мощеніемъ. Дно и стѣнки лотка штукатурятся цементомъ въ составѣ 1 : 3.

Расчетъ сбѣченія лотка, какъ равно и ширина террасы, ведется на ливневые воды или по формулѣ Кестлина

$$Q = 1,875 PL$$

или такъ

$$Q = E \times 24,00 \times m,$$

гдѣ  $E$ —площадь бассейна (въ десятинахъ), умноженная на коэффициентъ стока, принимаемый обыкновенно въ 0,50;  $m$ —слой воды (при



осадкахъ въ 40  $m/m$  въ часъ), равный 0,016 саж. на площадь въ 1 кв. саж.

Этотъ расходъ провѣряется по эмпирическимъ формуламъ, для чего находимъ скорость притекающей къ оврагу воды  $u$  по Чези и Гаггюиллье и Куттеру

$$u = c \sqrt{Ri},$$

въ этой формулѣ  $R$  (гидравлическій радіусъ) находимъ по живому сѣченію оврага  $F$ , а уклонъ  $i$  опредѣляется нивелировкой на 100 саж. по предовражной промоинѣ. Расходъ  $q = Fu$  сравниваемъ съ выше-приведеннымъ расходомъ  $Q$  на ливневые воды и останавливаемся на большемъ. Затѣмъ, задаемся высотой того слоя, какимъ предполагаемъ пропускать воду въ лоткѣ. Эта высота  $H$  должна быть или равною высотѣ живого сѣченія въ оврагѣ  $h$  или больше ея, но только не меньше 0,15 саж., такъ какъ при меньшемъ слое, во время весенняго спада водъ, террасы и горизонтальныя части лотка могутъ быть совершенно заполнены льдомъ, образующимся отъ заморозковъ въ періодъ таянія.

Наконецъ, опредѣляется ширина лотка или террасъ съ вертикальными стѣнками

$$Q = Mb(H + Z)v,$$

гдѣ  $M$ —коэффициентъ расхода, равный 0,55;  $b$ —искомая ширина лотка;  $H$ —высота воды въ лоткѣ,  $v$ —та скорость протеканія воды въ лоткѣ, которую ей даемъ, въ зависимости отъ матеріала, именно—не больше 0,30 саж. для земляныхъ террасъ, до 0,80 саж. для мощенія насухо, до 2 саж. для мощенія на растворѣ или въ кирпичныхъ лоткахъ, до 3 саж. въ лоткахъ деревянныхъ и до 4 саж.—въ бетонныхъ.  $Z$ —подпоръ, т. е. поднятіе столба воды, встрѣтившей на своемъ пути препятствіе, стѣсняющее свободный ея ходъ; подпоръ тѣмъ больше, чѣмъ больше разность между скоростями притеканія  $u$  и протеканія  $v$ ; величина подпора въ лоткахъ берется не обычною  $z = \frac{v^2 - u^2}{2g}$  (см. стр. 35), а преувеличенною:  $Z = \frac{v^2}{2g}$

Итакъ, ширина лотка  $b$  изъ формулы расхода  $Q$  будетъ

$$b = \frac{Q}{M \left( H + \frac{v^2}{2g} \right) v} \quad H + \frac{v^2}{2g} + 0,10$$

Высота стѣнокъ лотка  $H_0$  должна быть

$$H_0 = H + K + 0,10 \text{ саж.}$$

Если по этимъ расчетамъ размѣры лотка выйдутъ слишкомъ малыми, то ихъ надо увеличить и, во всякомъ случаѣ, ширина не должна быть меньше 0,25 саж., а глубина не меньше 0,15 саж.

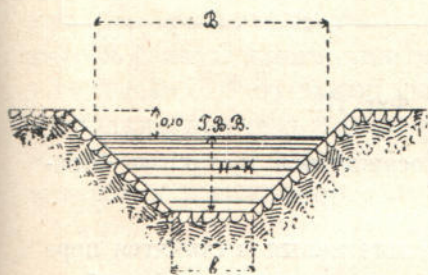


Для террасъ и лотковъ трапециoidalнаго сѣченія формула расхода такова:

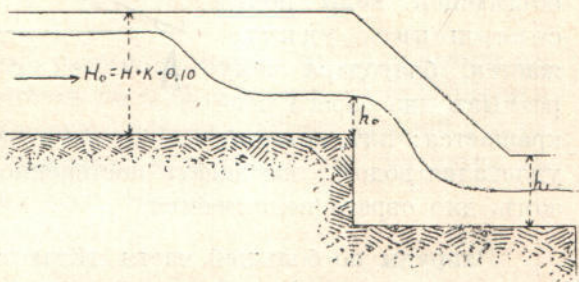
$$Q = M(2B + 3b)(H + k)v$$

гдѣ  $M$ —коэффициентъ, равный 0,11;  $B$ —ширина по верху;  $b$ —ширина по дну (фиг. 276), но расчетъ можно вести и по предыдущей формулѣ, какъ для прямоугольныхъ лотковъ, считая  $b$  какъ ширину по дну; это дастъ нѣкоторый запасъ надежности.

Высота стѣнокъ опредѣляется такъ: первая входная должна быть (фиг. 277)  $H_0 = H + K + 0,10$ , а такъ какъ дальше слой воды сжи-



Фиг. 276.



Фиг. 277.

мается на  $\frac{1}{3}$  отъ  $H_0$  и становится равнымъ  $h_0 = \frac{2}{3}(H + k)$ , то высота стѣнокъ должна быть  $h_1 = h_0 + 0,10$

### § 3. Укрѣпленіе дна.

Для прекращенія роста оврага въ глубину, для удержанія несомого водою мула и для приданія устойчивости бокамъ, дно оврага укрѣпляется постановкою поперечныхъ донныхъ загражденій. Число ихъ опредѣляется формулою Ландольта

$$x = \frac{A - B + 0,10}{a}$$

гдѣ  $X$ —число загражденій,  $A$ —разность высотъ точекъ начальной и конечной,  $B$ —разстояніе между этими точками по горизонтальной линіи,  $a$ —принятая высота загражденія. Существуетъ еще и другая, упрощенная, формула

$$x = \frac{h}{i}$$

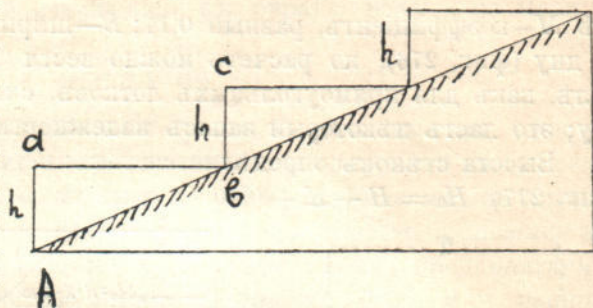
$$x = \frac{H - \text{высота на дне}}{h - \text{высота заграждения}}$$

гдѣ  $h$ —высота загражденія,  $i$ —уклонъ дна оврага. Но такъ какъ уклонъ дна величина измѣняющаяся, то опредѣленіе лучше дѣлать графическимъ построеніемъ по продольному профилю. Для этого на нижней точкѣ профиля чертятъ вертикаль  $Aa$  (фиг. 278), обозначающую высоту загражденія, затѣмъ, черезъ верхнюю точку этого загражденія проводятъ горизонтальную  $ab$  до встрѣчи съ линіею дна въ точкѣ  $b$ , здѣсь должно быть поставлено второе загражденіе  $bc$  и т. д.

Запруды однакоже надо ставить не всѣ по этому расчету, а въ



половинномъ числѣ и даже въ  $\frac{1}{3}$ , именно, въ мѣстахъ наиболѣе важныхъ, напр., на болѣе крутыхъ частяхъ русла, гдѣ онѣ должны давать опору землѣ, скошенной со склоновъ. Лучшими донными загражденіями являются поперечныя запруды, задерживающія на всю ихъ высоту притекающую къ нимъ воду. Между двумя запрудами живая сила сбѣгающей воды почти совершенно уничтожается, благодаря чему размывъ дна оврага прекращается; илъ, который увлекался водою, начинаетъ постепенно осаждаться и, такимъ образомъ, дно оврага поднимается.



Фиг. 278.

Запруды по большей части дѣлаются плетневые и ставятся перпендикулярно къ оси оврага, образуя въ планѣ кривую линію, обращенную выпуклостью въ  $\frac{1}{8}$  пролета къ вершинѣ оврага; въ вертикальной же плоскости онѣ имѣютъ корытообразную форму въ  $\frac{1}{24}$  пролета. Запруды должны быть непременно на 0,50 с. въ каждой сторонѣ вѣрзаны въ бока оврага, и каждая запруда должна имѣть прочно укрѣпленное водобойное дно, на которое падаетъ передвигающаяся вода, при чемъ размѣры этого дна должны быть согласованы съ высотой запруды, именно, дно должно быть не менѣе, какъ въ  $1\frac{1}{2}$  высоты. Въ верховой же части загражденія долженъ быть сдѣланъ плотно утрамбованный изъ суглинка двойной откосъ.

Простѣйшая изъ плетневыхъ запрудъ устраивается слѣдующимъ образомъ: роется канавка и вѣрзается въ бока оврага. Часть канавки (фиг. 279) шириною въ 0,30 с. и глубиною 0,15 с. назначается для замка насыпи, а часть — шириною въ 0,30 с. и глубиною въ 0,12 с. — для фашиннаго водобоя. Вербовые колья толщиною около 3 дюйм., а длиною въ 0,75 с., забиваются въ прочный грунтъ черезъ 0,15 с. одинъ отъ другого. Сначала забивается средній колъ, поднимающійся



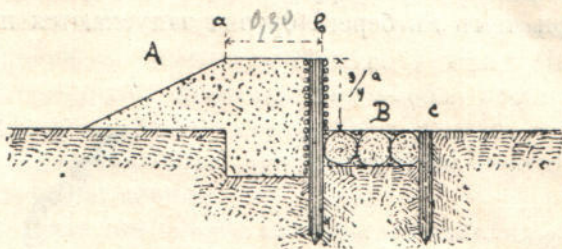
Фиг. 279.

на 0,25 с. надъ дномъ оврага, а потомъ, постепенно возвышаясь въ обѣ стороны, забиваются боковые колья. Фашины В (фиг. 280) прикрѣпляются къ землѣ крючками и кромѣ того удерживаются кольями с впереди. Глинистая отсыпь А тщательно утрамбовывается, слоями по 0,05 с., на верху отсыпи дѣлается банкетъ *ab* шириною въ 0,30 саж.

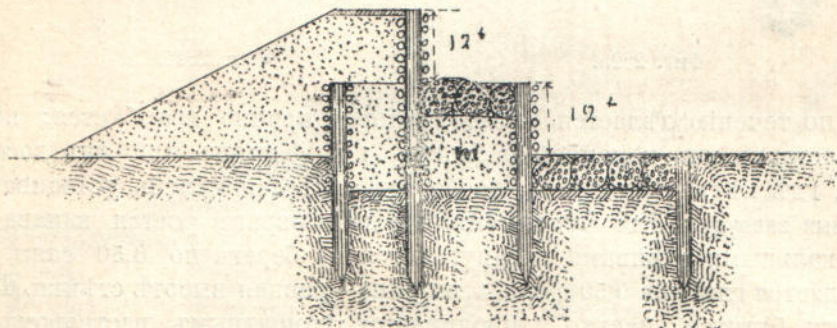


Вся отсыпь, банкеты и прорѣзы въ откосахъ дернутся, а фашины тщательно забиваются навозомъ.

Болѣе прочное и солидное сооруженіе, поднимающее воду на высоту 0,50 с., представляетъ запруда изъ тройного плетня (фиг. 281). Средній изъ нихъ дѣлается высотой 0,50 с. надъ поверхностью дна, два крайнихъ *b* и *c* по 0,25 с. надъ дномъ, при чемъ разстояніе между ними дѣлается въ 0,25 и 0,50 с. Уступчатый флютбетъ по 0,25 с., въ порогъ укрѣпляется фашинами, при чемъ 3 фашины перваго уступа кладутся на слой глины *m* толщиною въ 0,25 с., а 4 фашины второго уступа кладутся въ канавку и удерживаются аршинными кольями.



Фиг. 280.



Фиг. 281.

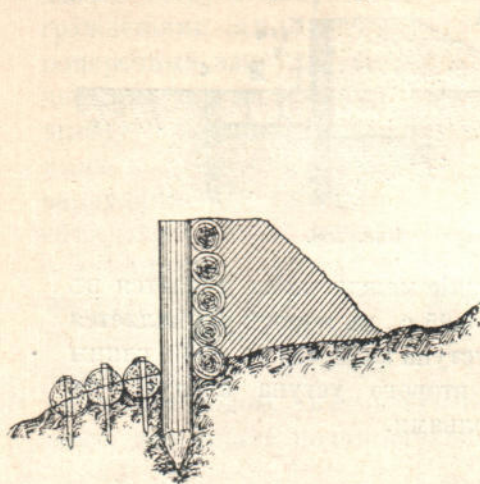
При установкѣ донныхъ загражденій слѣдуетъ держаться такого порядка: въ устьѣ дѣятельной части оврага ставится тройной плетень, который является основаніемъ всей системы; за нимъ по направленію къ вершинѣ ставятся одиночные. Колья для плетней лучше брать живые, хворостъ—тоже. Плетеніе надо начинать отъ дна канавки и вести по всей длинѣ плетня. Свободные концы хворостинъ не должны выходить наружу; длина хворостинъ должна быть не меньше  $1\frac{1}{2}$  с. Концы прибиваются къ кольямъ 2 дюйм. гвоздями. По задней части плетней слѣдуетъ уложить дернъ, обращая его землею къ вершинѣ оврага; хорошо также за плетнемъ уложить слой навоза. Одновременно съ заплетаніемъ надо вести и насыпку отсыпи.

Запруды изъ дерева и камня относятся къ числу мертвыхъ загражденій.

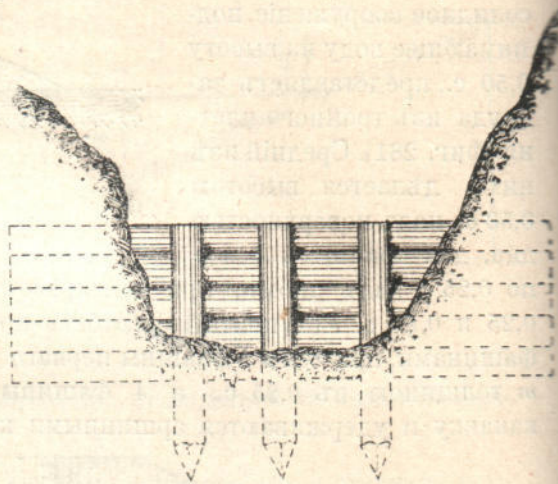
Деревянные запруды выполняются слѣдующимъ образомъ: поперекъ оврага вбиваютъ рядъ свай, за которыя укладываютъ бревна одно на другое, приназывая ихъ между собою. Нижнее бревно не-



премѣнно должно быть опущено въ дно оврага, въ предупрежденіе прорыва подъ запрудой. Высота загражденія дѣлается въ 0,33 саж., при чемъ въ берега бревна запускаются по 0,50 саж. (фиг. 282). Впе-

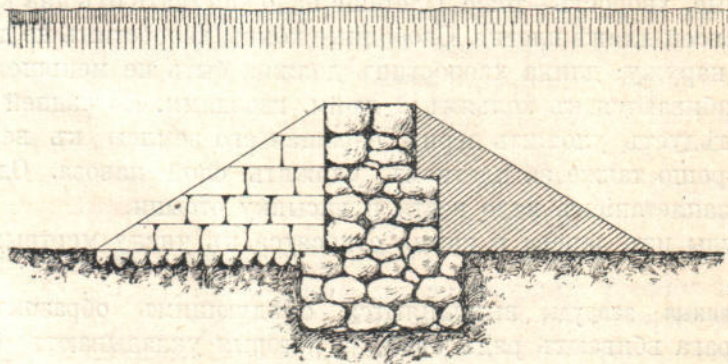


Фиг. 282а.



Фиг. 282б.

реди по теченію дѣлается отсыпь, которая прочно трамбуется; водобой состоитъ изъ каменной наброски, изъ фашинъ или изъ досокъ. Тамъ, гдѣ нѣтъ лозы и гдѣ, наоборотъ, имѣется камень, устраиваютъ каменные запруды. Для фундамента въ днѣ оврага роется канава съ вертикальными стѣнками и запускается въ берега по 0,50 саж. Канавѣ дается глубина 0,50 саж., а ширина—равная высотѣ стѣнки. Фундаментъ бутится насухо и проливается цементнымъ растворомъ въ составѣ 1:4. Кладка стѣнки ведется смѣшанная, т. е. съ лицевой стороны (по направленію къ устью оврага) на болѣе или менѣе правильной формы камняхъ на цементномъ растворѣ (1:3), а внутри—въ хвостовой части (къ вершинѣ оврага) кладку ведутъ насухо. Высота загражденія дается въ 0,50 саж., а толщина вверху не менѣе 0,25 саж. Внизу стѣнка уширена уступомъ (фиг. 283). Лицевая

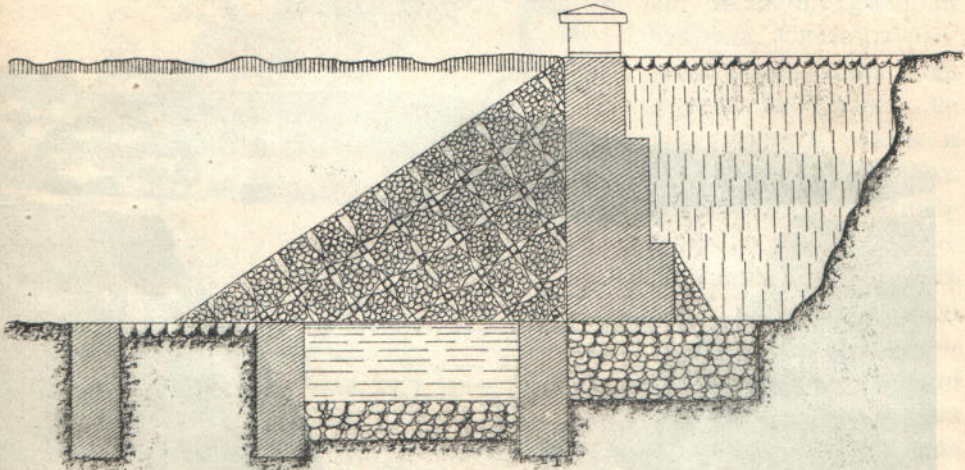


Фиг. 283.



часть дѣлается или вертикальною, или съ маленькимъ, въ  $\frac{1}{6}$ , уклономъ. На водобойной части устраивается каменная мостовая, длиною въ полторы высоты стѣнки. Отъ верхнихъ краевъ стѣнки къ концу каменнаго пола по бокамъ оврага ставятся каменные крылья. Наконецъ, въ верховой сторонѣ запруды дѣлается полуторная отсыпь. Запруда ставится или прямолинейно или по дугѣ радиуса, равнаго ширинѣ, въ этомъ мѣстѣ, оврага, вышуклостью противъ теченія. Верхній край запруды выполняется горизонтально.

Въ томъ случаѣ, когда каменная стѣнка назначается закрѣплять обрывистую вершину оврага, когда, напримѣръ, оврагъ, подходит къ дорогѣ или поселенію и когда, слѣдовательно, нельзя врѣзаться въ вершину для террасированія или постановки лотка, тогда ставится одна стѣнка; земляной отсыпи тогда уже не дѣлаютъ, а пространство



Фиг. 284.

между стѣнкой и оврагомъ тщательно затрамбовывается и сверху отмачивается и заливается цементнымъ растворомъ. Такая стѣнка должна быть рассчитана какъ и всякая подпорная, т. е. при вертикальныхъ граняхъ она должна имѣть толщину не менѣе  $\frac{1}{3}$  высоты и не тоньше 0,30 саж. Къ дну она утолщается уступами со стороны земли черезъ 0,33 саж. по 0,15 саж. въ уступѣ (фиг. 284).

Никогда не слѣдуетъ дѣлать стѣнку наоборотъ, т. е. съ уступами по наружной части, въ такой стѣнкѣ стекающая вода забирается въ швы между камнями, замерзаетъ тамъ и повреждаетъ кладку.

Когда за стѣнкой насыпана и затрамбована земля, то, для выпуска скопляющейся воды, надо сзади насыпать гравія или мелкаго щебня, слоемъ въ 0,15 с., и въ подшвы стѣны, черезъ каждыя 0,30 с., оставить сквозныя отверстія сотки въ 3.

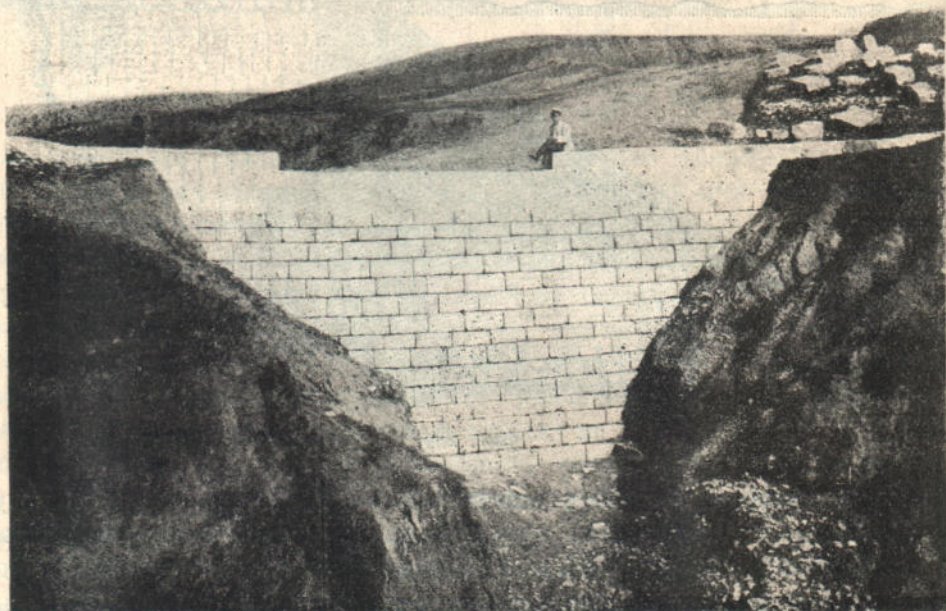
Фундаментъ въ обѣ стороны долженъ быть такой ширины, какова ширина стѣнки у основанія, а глубина не должна быть меньше



0,50 с. Водобой отмачивается на длину высоты. Кладка начинается съ фундамента; бутовый камень заливается цементнымъ растворомъ. Въ одной связи съ фундаментомъ, а не отдѣльно отъ него, бутится и водобой, потомъ уже выводится самая стѣнка.

Строить ее или насухо при крупныхъ, постелистыхъ штучныхъ камняхъ и только верхніе 3—4 ряда подливаются на цементномъ растворѣ въ составѣ 1:3, или по всей высотѣ кладка ведется на растворѣ. Это конечно лучше, но и значительно дороже кладки насухо.

Въ томъ мѣстѣ, гдѣ кончается водобойный полъ и переходитъ въ грунтъ, устраивается въ уровень съ поломъ упорная стѣнка.

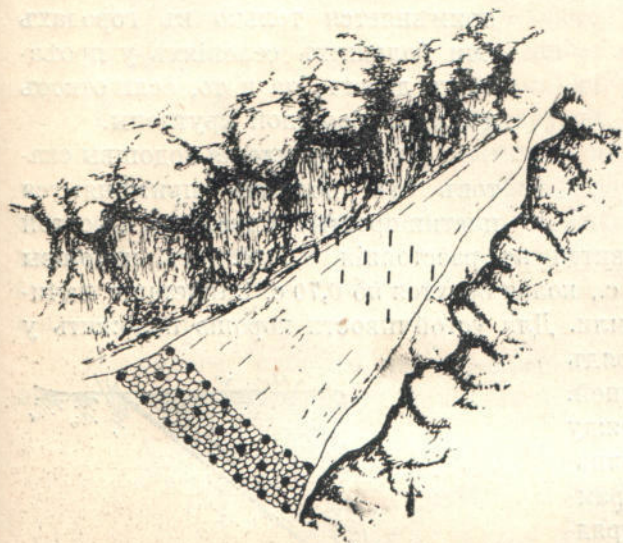


Фиг. 285.

Откосы оврага отмачиваются въ тычокъ на мху до половины высоты обрыва. Въ откосы стѣнка запускается уступами: въ самой нижней части на 0,30 с. съ каждой стороны, потомъ черезъ 0,30 саж. стѣнка запускается дальше и послѣдній самый высокій ярусъ стѣнки врѣзывается на 0,50 с. Слѣдуетъ принять мѣры, чтобы вода не сливалась по всей длинѣ стѣнки, съ этою цѣлью на стѣнкѣ устраивается парапетъ и середина его выгоняется по дугѣ очень большого радіуса (фиг. 285). При каменныхъ, особенно при высокихъ подпорныхъ стѣнкахъ необходимы водобойные колодцы.



Кромѣ запрудъ, для укрѣпленія дна примѣняются также *палисады*. Это—ряды свай, вбитыхъ въ землю не вертикально, а перпендикулярно къ поверхности дна. Сваи берутся длиною отъ 0,50 до 1 саж. и забиваются такъ, чтобы надъ поверхностью земли онѣ находились на 0,20 саж. Располагаются палисады по кривой, съ выпуклостью, обращенною къ устью оврага. Каждая система палисадъ состоитъ изъ трехъ рядовъ; разстояніе между сваями въ ряду 0,30 саж. и ряды отстоятъ одинъ отъ другого на томъ же разстояніи 0,30 саж., при чемъ располагаются сваи въ шахматномъ порядкѣ (фиг. 286). Проме-



Фиг. 286.

жутки между сваями забрасываются камнемъ. Такое огражденіе болѣе устойчиво и прочно, нежели каменная запруда. Системы располагаются одна отъ другой на такихъ же разстояніяхъ, какъ и запруды. У палисадъ задерживается и осаждается наносимая водою земля, илъ, песокъ и проч. Когда свободные концы свай покрываются наносами, то на наносахъ ставится

новый рядъ палисадъ,

### § 3. Укрѣпленіе скатовъ.

Если оврагъ имѣетъ нѣсколько вершинъ, то въ предположеніи слѣдуетъ провести по склону одну или двѣ канавы, вершины разрабатывать террасами или укрѣпить лотками, а бока спланировать подъ полукруглые откосы, и тогда въ донныхъ запрудахъ нѣтъ надобности.

Планировка боковъ можетъ быть произведена или насыпкой (фиг. 287 а), или скашиваніемъ (фиг. 287 б), или тѣмъ и другимъ вмѣстѣ (фиг. 287 в). Наименѣе прочный способъ насыпкой, требующій въ тому же привозки земли со стороны, примѣняется въ томъ случаѣ, когда нельзя сдѣлать срѣзку, напр., если на краю оврага находятся постройки или проходить дорога. Способъ скашиванія прочный, но дорогой и требуетъ мѣста, куда бы можно было сваливать землю;



поэтому самымъ подходящимъ и по удобству и по стоимости является способъ средній—смѣшанный.

Послѣ планировки откосы засѣваются травами (смѣсь коостра овсяницы, люцерны и пр.) или же дернуются въ клѣтку. Выстиланіе хворостомъ и дорого, и не цѣлесообразно потому, что вода сбѣгаетъ съ ската не по хворосту, а подъ нимъ и производитъ тамъ вымоины. Укрѣпление же откоса мощеніемъ камнемъ въ плетневыхъ клѣткахъ примѣняется только въ городахъ или большихъ селеніяхъ у проѣзжихъ дорогъ, да и то, если откосъ дѣлается большой крутизны.



Фиг. 287 а.

Для закрѣпленія подошвы скатовъ отъ подмыва примѣняются плетни простые и двойные. Простой (одинарный) плетень ставится на разстояніи 0,30 с. отъ подошвы ската. Высота плетня 0,25 с., кольца берутся по 0,70 с. Заплетаніе начинаютъ на 0,10 с. ниже земли. Для устойчивости хорошо положить у наружнаго края плетня рядъ закопанныхъ въ землю камней. Затѣмъ промежутокъ между плетнемъ и скатомъ заполняется землею и плотно затрамбовывается. Двойной (двурядный) плетень ставится у самой подошвы, при чемъ одинъ дѣлается вышиною въ 0,30 с., а второй плетень ставится отъ перваго на 0,30 с. параллельно ему и высотой въ 0,25 с. Пространство между плетнями и скатомъ тщательно затрамбовывается глиною.



Фиг. 287 в.



Фиг. 287 с.

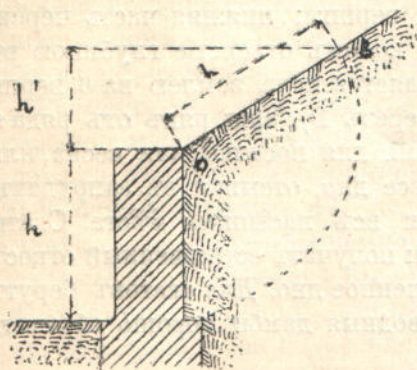
Крутые обрывы укрѣпляются также деревомъ, для чего забиваются у стѣны обрыва сваи, до 1 саж. надъ землею, за которыми устраивается заборка изъ пластинъ, а по дну оврага впереди заборки настилается водобойный полъ. Наконецъ, скаты могутъ быть укрѣплены каменною подпорною стѣнкою (фиг. 288), для чего откосъ срѣзается вертикально. Стѣнка вы-

кладывается на растворѣ, толщина ея опредѣляется по формулѣ

$$e = 0,285 (h + h').$$



Величина  $h'$  получается построениемъ, если отъ точки  $a$  по откосу отложить величину  $h$  и изъ  $b$  провести горизонтальную линію до встрѣчи съ вертикалью отъ  $h$ .

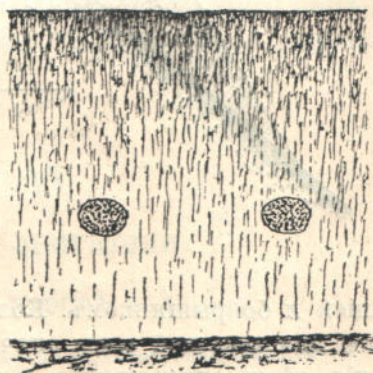
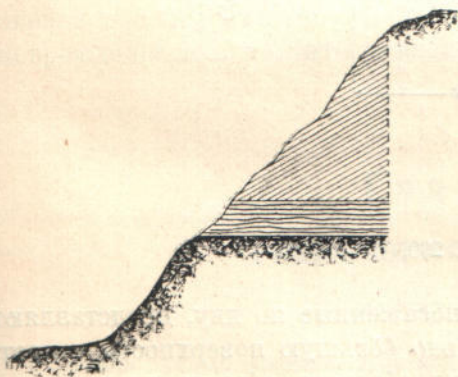


Фиг. 288.

Если въ грунтѣ откоса имѣются водоносные прослойки и если откосъ сплываетъ и ползетъ, то въ немъ надо заложить поперечный или продольный дренажъ. Первый дѣлается слѣдующимъ образомъ: въ откосѣ прорѣзываются поперечныя траншеи до основанія водоноснаго слоя и на взаимномъ разстояніи въ 5 саж. одна отъ другой. Низъ траншей заполняется камнемъ или фашинами (фиг. 289), а затѣмъ траншеи плотно забиваются

землею. При обильномъ выходѣ грунтовыхъ водъ устраивается продольный дренажъ въ видѣ хворостяной стѣнки, заложеной вдоль откоса въ области водоноснаго слоя, изъ свѣжаго хвороста, способнаго къ прорастанію.

Послѣднею работою по укрѣпленію овраговъ является посадка древесной растительности, скрѣпляющей своими корнями вершину,

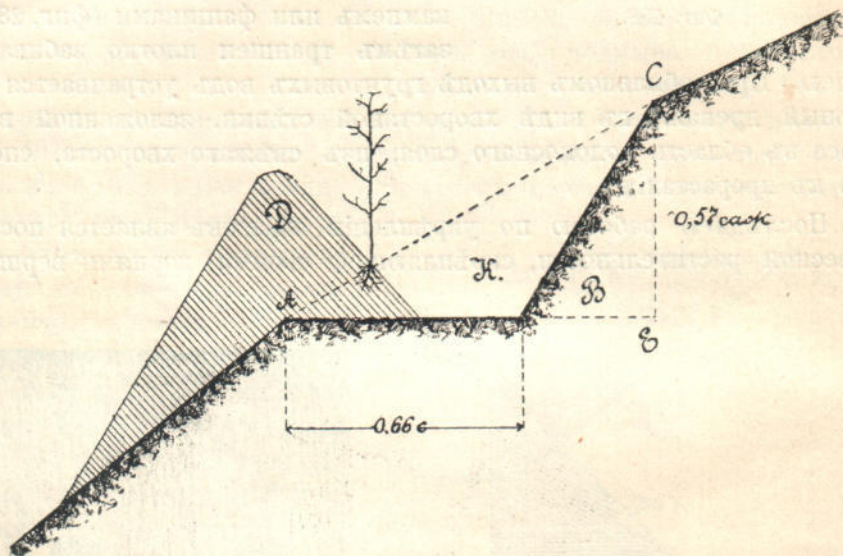


Фиг. 289.

дно и откосы. Работа эта является дѣломъ такой же первостепенной важности, какъ и постановка плетней, запрудъ, лотковъ и проч. Оврагъ съ поставленными въ немъ загражденіями, со скошенными боками, но не облѣсненный, не можетъ считаться укрѣпленнымъ, и безъ облѣсенія значеніе всѣхъ поставленныхъ въ немъ техническихъ сооружений ничтожно. Въ нѣкоторыхъ хозяйствахъ не ставятъ донныхъ запрудъ и главное вниманіе обращаютъ на укрѣпленіе дна посадками.



Облѣсеніе дна должно непосредственно дѣлаться вслѣдъ за постановкою донныхъ загражденій. Для посадки берутся черенки ивы<sup>1)</sup> длиною въ 1 арш. и толщиною отъ 1 вершка; нижняя часть черенковъ заостряется; затѣмъ пробиваютъ коломъ отверстіе глубиною въ 10 вершковъ, такъ что черенокъ выставляется надъ землею на 6 вершковъ. Посадка производится рядами черезъ  $1\frac{1}{2}$  арш. рядъ отъ ряда и по 12 вершковъ въ ряду. Лучшее время для посадки или весна, или дождливые дни осени. Обсаживается все дно, отсыпки въ запрудахъ, лотки, террасы, водобойные колодцы и всѣ насыпныя мѣста. Скатy обсаживаются уже послѣ того, какъ они получаютъ естественный откосъ и будутъ опираться на вполне закрѣпленное дно. Для скатовъ берутъ тополь, осину, дубъ, акацію. Водоотводныя дамбы хорошо обсадить



Фиг. 290.

акаціей и боярышникомъ. Колья, посаженные по дну, представляютъ собою для текущей воды значительно большую поверхность сопротивленія, чѣмъ одни плетни, и такимъ образомъ оберегаютъ донныя загражденія; вода идетъ медленно, оставляя въ оврагѣ весь мулъ, отъ этого дно оврага постепенно повышается и дѣлается болѣе широкимъ, при чемъ вода идетъ все менѣе и менѣе толстымъ слоемъ. Разрастаясь, посадки утолщаются, сопротивленіе для текущей воды становится все большимъ и размыва уже не происходитъ.

Дальнѣйшее обращеніе оврага въ культурную площадь—въ лѣсъ, въ сѣнокосъ или садъ—выходитъ изъ области гидротехническаго искусства и потому здѣсь не разсматривается.

<sup>1)</sup> *Salix fragilis*, *Salix alba*, *Salix viminalis*, *Salix purpurea* и проч.



Къ числу овражныхъ работъ относятся также работы по укрѣпленію склоновъ. Работы состоятъ въ томъ, что склонъ по линіи горизонталей прорѣзывается рядами канавъ съ совершенно горизонтальнымъ дномъ въ разстояніи одна отъ другой (по проекціи дна) не больше 3 саж. Канавы ведутся безъ перерывовъ. Земля изъ выемки *ABC* (фиг. 290) складывается валомъ *D* по наружному краю горизонтальной площадки *AB* шириною въ 0,66 саж. такъ, чтобы между валомъ и откосомъ *BC* образовалась канава *K* шириною по дну 0,20—0,30 саж. Площадка *AB* должна быть совершенно горизонтальна по длинѣ, а по ширинѣ—немного наклонна къ горному склону, чтобы валъ *D* не подвергался ни смыву, ни осыпанію. На валу садятъ или 1—2 лѣтнее деревцо, или кустарникъ, при чемъ садить надо не въ гребень вала, а на внутреннемъ склонѣ, въ разстояніи  $\frac{2}{3}$  высоты (считая отъ основанія), чтобы деревцо не сползло при осыпаніи вала. Такъ террасируются склоны въ 30°, при болѣе пологомъ склонѣ, напр., въ 15°, площадка *AB* дѣлается въ 0,83 саж., а высота откоса *CE* въ 0,25 саж., а на склонахъ крутыхъ въ 45° площадка *AB* должна быть 0,50 саж.; высота *CE*—1—2 саж.

Въ заключеніе, необходимо добавить, что въ первое время послѣ укрѣпленія вершины, пока не осядутъ и не окрѣпнутъ загражденія, вода, особенно ливневая, не должна попадать въ оврагъ, и ее слѣдуетъ направлять валиками и канавами куда-либо на сторону.

Послѣ каждаго ливня и схода снѣговой воды всѣ сооруженія въ оврагъ должны быть внимательно осмотрѣны. Всякое самое ничтожное поврежденіе должно быть немедленно и безотлагательно исправлено.

## Глава VI.

### Гидравлическіе двигатели.

#### § 1. Механическая работа воды.

Такой важный жизненный элементъ, какъ вода, въ Европейской Россіи использованъ въ значительно меньшей степени, чѣмъ у дикихъ кочевниковъ Азіи, съ ихъ арыками, орошеніемъ и водоподъемниками. Объясняется это малымъ знакомствомъ населенія съ механическою частью и происходящею отсюда боязнью всякихъ механизмовъ, въ особенности гидравлическихъ, несмотря на то, что издержки на ихъ приобрѣтеніе и содержаніе ничтожны по сравненію съ выгодами, которыя можно изъ нихъ извлечь. Въ настоящее время производство машинъ достигло громадныхъ размѣровъ. Чтобы ориентироваться въ массѣ предлагаемыхъ каждою фирмою издѣлій, чтобы при выборѣ машины не впасть въ большую ошибку, надо понимать машину, ее конструкцію и надо знать тѣ законы, на которыхъ машина построена и по которымъ она совершаетъ свою работу. Въ настоящей главѣ приведены основные принципы работы гидравлическихъ двигателей и указаны наиболѣе подходящіе для селско-хозяйственныхъ цѣлей водоподъемники.



По законамъ механики, если тѣло съ массою  $M$  сначала находилось въ покоѣ, а затѣмъ подъ дѣйствіемъ какой-нибудь силы  $P$  начало двигаться, то скорость движенія, бывшая въ начальный моментъ равною нулю, въ концѣ движенія увеличится и сдѣлается равною, напр.,  $v$ . Во время движенія въ тѣлѣ развивается живая сила, которая опредѣляется какъ половина произведенія массы на квадратъ скорости, т. е. она равна  $\frac{Mv^2}{2}$ . Двигаясь, тѣло совершаетъ механическую работу  $T$ , которая измѣряется разностью живыхъ силъ конца и начала движенія; если вначалѣ тѣло не двигалось, то механическая работа будетъ равна живой массѣ конечнаго момента движенія, т. е.

$$T = \frac{Mv^2}{2} \dots \dots \dots (I)$$

Живая сила называется иначе кинетическою энергіею, т. е. энергіею, обнаруживающеюся только при движеніи тѣла, въ отличіе отъ потенциальной или скрытой энергіи, которая находится въ тѣлѣ, когда оно въ состояніи покоя. Стоитъ только тѣло вывести изъ состоянія покоя и заставить его двигаться, какъ потенциальная энергія преобразуется въ кинетическую.

Совершенно подобно твердому тѣлу и вода въ своей массѣ обладаетъ энергіею двоякаго рода: кинетическою, когда вода течетъ, и потенциальною, когда вода остановлена. Чтобы опредѣлить механическую работу  $T$ , какую можетъ произвести движущаяся вода даннаго источника, надо знать его секунднй расходъ  $Q$  и скорость  $v$ , тогда масса воды  $M$  будетъ  $M = \frac{yQ}{g}$  на томъ основаніи, что масса равна вѣсу, дѣленному на ускореніе отъ силы тяжести  $g$ ; вѣсъ же воды можетъ быть выраженъ объемомъ или расходомъ  $Q$ , помноженнымъ на вѣсъ единицы воды  $y$ <sup>1)</sup>.

Величина  $g$  всегда одинакова ( $g = 32,8$  фута = 4,6 саж. = 9,81 метра). Итакъ, для опредѣленія работы воды формула (I) приобретаетъ видъ

$$T = \frac{yQv^2}{2g} \dots \dots \dots (II)$$

Пусть живое сѣченіе потока равно 100 кв. фут., скорость его = 5 фут., слѣдовательно расходъ  $Q = 100 \times 5 = 500$  фут., а механическая работа по формулѣ (II)

$$T = \frac{1,73 \times 500 \times 5^2}{2 \times 32,2} = 335,8 \text{ пудофутовъ}$$

или, въ паровыхъ силахъ:

<sup>1)</sup>  $y = 1$  куб. фут. = 1,73 пуда

$y = 1$  куб. саж. = 593 пуда

$y = 1$  куб. метру = 1000 килограммовъ.



$$N = \frac{335,8}{15} = 22 \text{ паровых лошади.}$$

Если бы въ этомъ мѣстѣ вода была поднята плотиною на высоту, напр., въ 10 футовъ и если бы затѣмъ стали выпускать воду въ томъ же самомъ объемѣ 500 фут. въ секунду, то, падая съ высоты 10 фут., вода произведетъ работу, равную произведенію изъ вѣса этого объема на высоту паденія, т. е.

$$T = 500 \times 1,73 \times 10 = 8650 \text{ пудофутовъ.}$$

или

$$N = \frac{8650}{15} = 576 \text{ паровых лошадей; слѣдовательно, работа этой падающей воды превыситъ работу свободно текущей воды въ}$$

$$576,6 : 22,4 = 26 \text{ разъ.}$$

Такимъ образомъ значеніе запруживанія рѣки заключается въ томъ, что плотина собираетъ впереди себя всю механическую энергію воды, движущейся въ рѣкѣ на всемъ протяженіи подпруды, и даетъ возможность воспользоваться этою собранною работою сразу. Какою бы скоростью ни обладала текущая въ рѣкѣ вода, все же величина живой ея силы оказывается весьма небольшою и для полученія значительной силы необходимо поставить плотину, а воду заставить дѣйствовать на гидравлическій приѣмникъ силою паденія, т. е. тяжести. Использовать для практики весь запасъ механической работы не представляется возможнымъ: во-первыхъ, вслѣдствіе несовершенствъ въ устройствѣ приѣмника, во-вторыхъ, вслѣдствіе потерь на сопротивленія, встрѣчающіяся по пути, и, въ третьихъ, вслѣдствіе непроизводительно теряющейя на пути воды. Поэтому дѣйствительная работа приѣмника будетъ меньше работы теоретической и, чтобы по теоретической работѣ  $T'$  получить величину работы дѣйствительной  $T$ , надо взять въ расчетъ всѣ потери. Онѣ могутъ быть выражены какъ отношеніе второй работы къ первой, т. е.

$$\frac{T}{T'} = Z.$$

Эта величина  $Z$  называется коэффициентомъ полезнаго дѣйствія двигателя и всегда меньше единицы. Чѣмъ ближе  $Z$  къ единицѣ, тѣмъ производительнѣе двигатель и тѣмъ больше работы онъ можетъ дать <sup>1)</sup>.

Гидравлическіе приѣмники имѣютъ круговое движеніе; тѣ изъ нихъ, у которыхъ ось горизонтальна, называются гидравлическими колесами, а у которыхъ она вертикальна—турбинами <sup>2)</sup>.

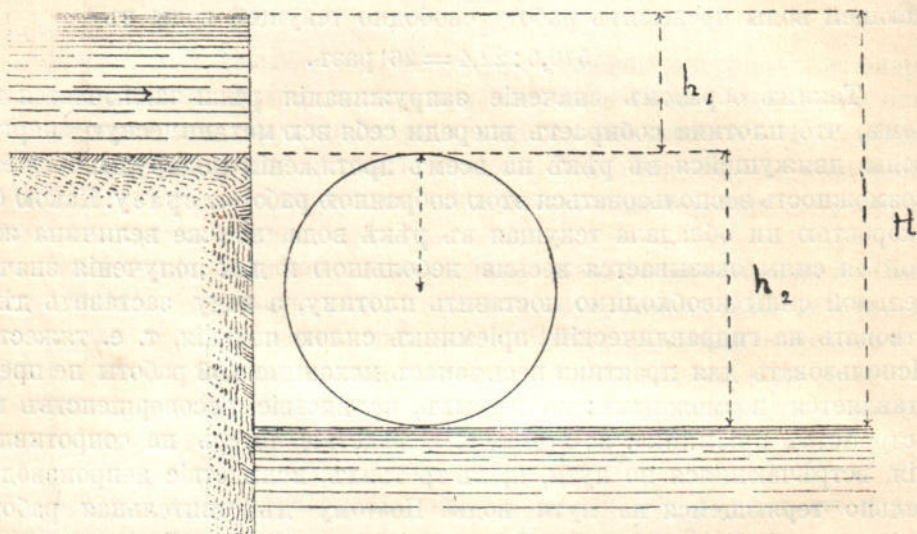
<sup>1)</sup> Въ гидравлическихъ приѣмникахъ  $Z$  колеблется отъ 0,30 до 0,80.

<sup>2)</sup> Хотя есть турбины, вращающіяся и въ вертикальной плоскости, напр., турбина Вейсбаха.



## § 2. Гидравлическія колеса.

Когда текущей водѣ на ея пути встрѣчается сопротивленіе въ видѣ лопатокъ или ковшей водяного колеса, то на него вода производитъ или давленіе, или ударъ, или то и другое вмѣстѣ, смотря по тому, въ какомъ мѣстѣ колеса вода подведена. Весь напоръ  $H$  (фиг. 291) можетъ быть раздѣленъ на двѣ части: на ударный  $h_1$  и вѣсовой  $h_2$ . Вода входитъ въ колесо и дѣйствуетъ на него ударомъ, потомъ она успокаивается и на остальномъ пути, пока не выльется изъ колеса, дѣйствуетъ уже только своимъ вѣсомъ. При ударѣ коэффициентъ полезнаго дѣйствія понижается, и наоборотъ этотъ же коэффициентъ



Фиг. 291.

повышается, если вода выходитъ безъ удара и если работа совершается подъ дѣйствіемъ только тяжести.

Теоретически работа колеса будетъ

$$T' = y QH,$$

для опредѣленія же дѣйствительной работы  $T$  надо подсчитать всѣ потери на пути отъ верхняго горизонта, до нижняго; именно:

1) Вода поступаетъ къ колесу по желобу съ плюзовымъ отверстиемъ, при этомъ происходитъ сжатіе струи, треніе о дно и стѣнки желоба.

2) При вступленіи въ колесо происходитъ столкновеніе воды съ нимъ и скорость отъ этого удара уменьшается.

3) Когда вода выходитъ изъ колеса, то уноситъ съ собою часть живой силы неиспользованной.

4) Вода вытекаетъ изъ колеса, еще не дойдя до самаго низкаго уровня, не выполнивъ работы до конца.



5) Часть воды протекает через щели и зазоры.

6) Наконецъ, часть силы воды теряется непроизводительно на треніе о лопатки и треніе оси вала въ подшипникахъ.

Всѣ эти частичныя величины потерь уменьшаютъ величину теоретической работы  $T'$  колеса и для различныхъ пріемниковъ эти потери различны, поэтому величина полезной работы двигателя выражается неодинаковымъ коэффициентомъ полезнаго дѣйствія ( $Z$ ).

Итакъ, величина дѣйствительной работы въ окончательномъ видѣ

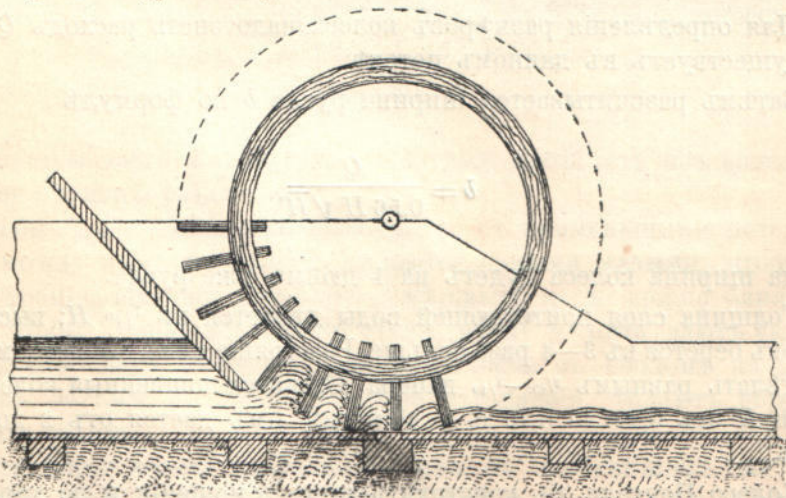
$$T = yQNZ$$

и для водяныхъ колесъ  $T$  колеблется отъ 0,30 до 0,75. По способу подведенія воды колеса раздѣляются на два основныхъ типа: наливныя—когда вода подводится къ верхней части колеса, выше его горизонтальнаго діаметра, и подливныя—когда вода подходит къ колесу снизу. Главное конструктивное отличіе наливныхъ колесъ отъ подливныхъ заключается въ томъ, что наливныя колеса имѣютъ на окружности своей ящики или ковши, въ которые вливается вода и дѣйствуетъ своимъ вѣсомъ на одну сторону колеса; подливныя же имѣютъ не ковши, а лопатки, въ которыя ударяетъ вода и дѣйствуетъ на колесо только давленіемъ.

Наливныя колеса подраздѣляются въ свою очередь на верхне-наливныя, средненаливныя и среднебойныя.

### Подливныя колеса.

Самый простой видъ гидравлическаго двигателя—подливное или пошвенное колесо. Такъ какъ въ этихъ колесахъ вода дѣйствуетъ только ударомъ, то ихъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія не великъ 0,30—0,35; но благодаря дешевизнѣ устройства эти колеса довольно широко распространены (фиг. 292).

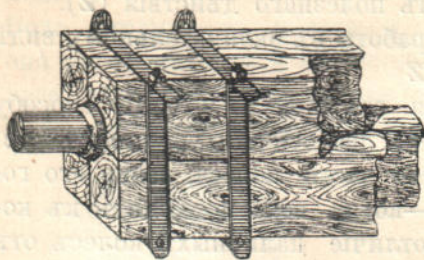


Фиг. 292.



Колесо имѣетъ слѣдующія части: *валъ*—или ось вращенія; *ручки*—замѣняющія собою спицы экипажныхъ колесъ, серединою своею онѣ укрѣпляются на валу, а концы ихъ врѣзаются въ тетивы *обода*. Между ободами устраиваются *лопатки*.

Валы большею частью дѣлаются составными изъ четырехъ брусьевъ. Соединеніе частей вала достигается желѣзными хомутами (фиг. 293),



Фиг. 293.

состоящими изъ 4 болтовъ, у которыхъ вмѣсто головокъ имѣются ушки, въ которыя входятъ винтовые нарѣзки болтовъ и подтягиваются гайками. Чѣмъ такихъ хомутовъ больше, тѣмъ соединеніе крѣпче.

Вода подводится къ нижней части колеса русломъ. Русло должно быть шире колеса не больше какъ на 1 дюймъ и такой же зазоръ долженъ быть между лопатками и поломъ русла.

На разстояніи 7—10 дюймовъ отъ обода въ руслѣ ставится подъ угломъ 70—80° щитовой затворъ. Для постепеннаго сжатія струи къ нижней доскѣ прибавается полукруглый брусокъ.

Горизонтъ воды передъ щитомъ принимается какъ уровень верхняго бассейна, а горизонтъ воды за колесомъ въ отводящей части русла принимается за уровень нижняго бассейна и разность этихъ уровней будетъ выражать собою напоръ  $H$ . Полезная работа пошвеннаго колеса выражается формулою

$$T = 0,3 H \eta Q.$$

Для опредѣленія размѣровъ колеса надо знать расходъ  $Q$ , который существуетъ въ данномъ потокѣ.

Затѣмъ разсчитывается ширина русла  $b$  по формулѣ

$$b = \frac{Q}{0,56 H \sqrt{H}}$$

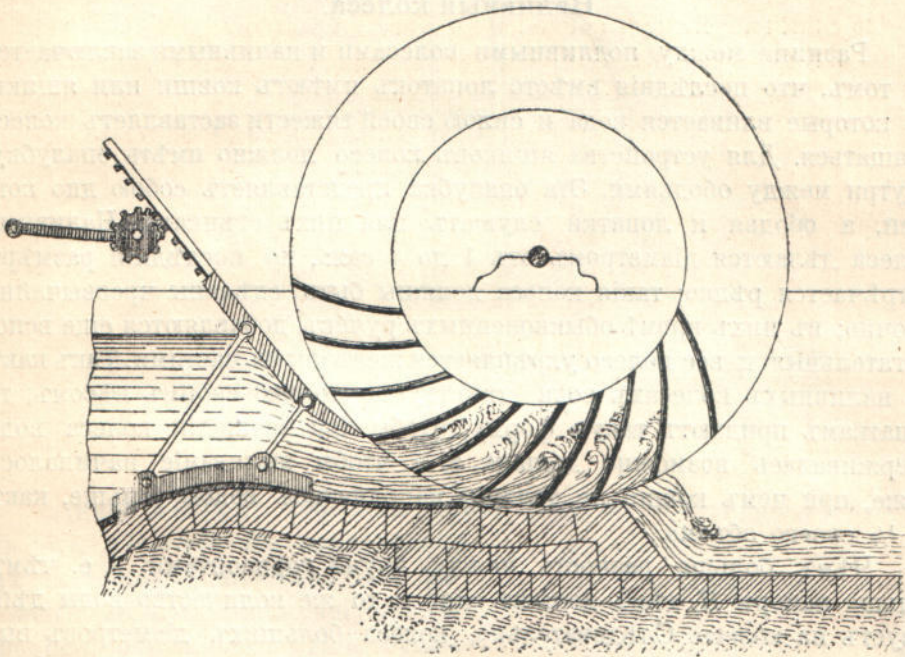
и тогда ширина колеса будетъ на 1 дюймъ уже русла.

Толщина слоя притекающей воды дѣлается въ  $\frac{1}{10} H$ ; высота же лопатокъ берется въ 3—4 раза больше. Разстояніе между лопатками принято дѣлать равнымъ  $\frac{3}{10}$ — $\frac{4}{10}$  напора. Ставятся пошвенныя колеса при напорѣ  $H$  отъ 0,20 до 0,70 с. и діаметръ имъ дается отъ 2 до 4 напоровъ.

Колесо Понселе въ конструктивномъ отношеніи и по характеру дѣйствія на него воды представляетъ собою переходный механизмъ



отъ колесъ къ турбинамъ. Колесо это (фиг. 294) подливное съ кривыми желѣзными перьями. Они гнутся въ формѣ цилиндра и подходятъ къ внутреннему ободу почти подъ прямымъ угломъ, а къ наружному подъ угломъ въ  $30^\circ$ . Такое устройство перьевъ совершенно устраняетъ недостатокъ, которому подвержены пошвенныя колеса, состоящій въ томъ, что вода, ударивъ съ силою въ плоское перо, отбрасывается отъ него въ противоположномъ направленіи и бьетъ въ идущее сзади перо, уменьшая этимъ ходъ колеса. Въ колесѣ же Понселе вода вступаетъ въ лопатки безъ удара, поднимается по ихъ изогнутой поверхности и дѣйствуетъ на колесо давленіемъ, отдавая



Фиг. 294.

ему большую часть живой силы, а затѣмъ выбѣгаетъ изъ колеса, не встрѣчая идущаго сзади пера.

Чтобы вода дѣйствовала на колесо съ наименьшими потерями, зазоры между нимъ и русломъ дѣлаются самыми малыми; чтобы избѣжать тренія, щитовое отверстіе помѣщаютъ какъ можно ближе къ колесу; чтобы уменьшить сжатіе струи, руслу у щита даютъ уклонъ; далѣе, русло идетъ желобомъ, concentрически съ ободомъ на длину 2 перьевъ; затѣмъ, въ предупрежденіе затопленія, дѣлаютъ порогъ и упираютъ отводъ.

Устройство колеса довольно сложно, въ простѣйшемъ же видѣ лопатки дѣлаютъ изъ листового въ  $\frac{1}{8}$  дюйма желѣза. Ихъ врѣзываютъ въ ободья и прикрѣпляютъ тамъ угловымъ желѣзомъ; одна сто-



рона уголка прикрѣпляется къ лопаткѣ, а другая къ дереву обода. Лопатки располагаются черезъ 6—7 дюйм. Діаметръ колеса обыкновенно берется въ 4 напора. Разность колеса долженъ быть больше ширины шлюзового окна, чтобы вода вся падала на перья, а не тѣсилась между кожухомъ и ободьями, увеличивая собою треніе.

Полезная работа колеса Понселе

$$T = 0,6 yQH.$$

Ставятся эти колеса при напорѣ  $H$  отъ 0,5 до 1 саж.

### Наливные колеса.

Разница между подливными колесами и наливными заключается въ томъ, что послѣднія вмѣсто лопатокъ имѣютъ ковши или ящики, въ которые вливается вода и силою своей тяжести заставляеть колесо вращаться. Для устройства ящиковъ колесо должно имѣть опалубку, внутри между ободьями. Эта опалубка представляетъ собою дно ковшей, а ободья и лопатки служатъ для нихъ стѣнками. Наливные колеса дѣлаются діаметромъ отъ 1 до 4 саж., но послѣдній размѣръ встрѣчается рѣдко; такія колеса должны быть сдѣланы чрезвычайно прочно; въ нихъ кромѣ обыкновенныхъ ручекъ, добавляются еще вспомогательныя и все колесо укрѣпляется желѣзными частями. Такъ какъ въ наливныхъ колесахъ вода дѣйствуетъ только своимъ вѣсомъ, то лопаткамъ придають такую форму, чтобы при вращеніи колеса вода удерживалась возможно дольше, т. е. чтобы выливаніе начиналось ниже, при чемъ ковши не должны наполняться водою больше, какъ на  $\frac{1}{3}$  своего объема.

Чѣмъ больше разность между двумя горизонтами, т. е. чѣмъ больше напоръ  $H$ , тѣмъ дольше одно и то же количество воды дѣйствуетъ на колесо. Слѣдовательно, колеса большихъ діаметровъ выгоднѣе малыхъ уже и тѣмъ, что для производства одинаковой работы они требуютъ меньше воды.

Совершенно обратное нужно сказать о колесахъ малаго діаметра, и, напр., при діаметрѣ въ 1 саж. даже выгоднѣе примѣнять пошвенное колесо, чѣмъ наливное.

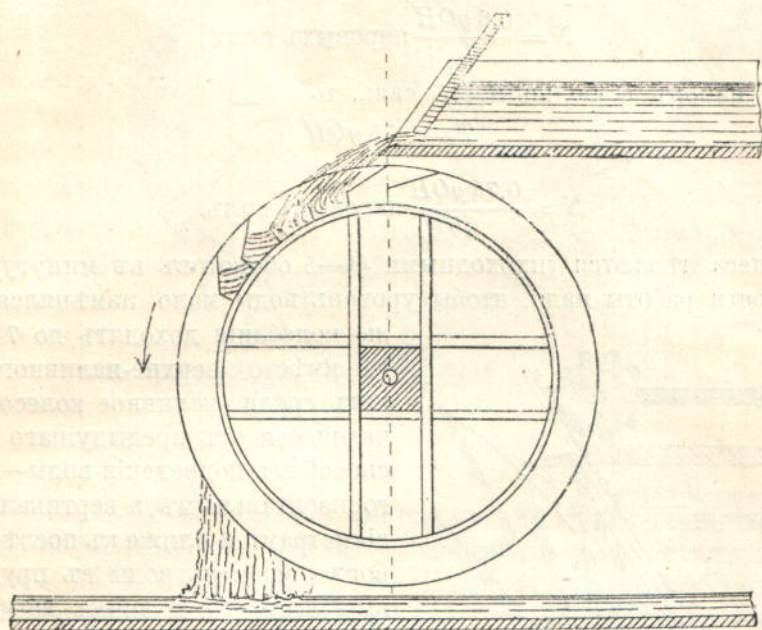
### Верхне-наливное колесо.

Вода поступаетъ изъ ларя, который помѣщается надъ верхнею точкою колеса (фиг. 295).

Ларь закрывается щитомъ, а къ колесу вода подводится короткимъ русломъ такъ, что она попадаетъ во второй или въ третій ковшъ, считая отъ вертикальнаго діаметра по ходу колеса. Чтобы уменьшить ударъ вступающей въ колесо воды, слой ея въ ларѣ дѣлается дюй-



мовъ въ 10, а щитъ поднимается всего на 2 дюйма. Ковши дѣлаются или кривые изъ желѣза или ломаные изъ дерева. Во второмъ случаѣ они намѣчаются слѣдующимъ образомъ:

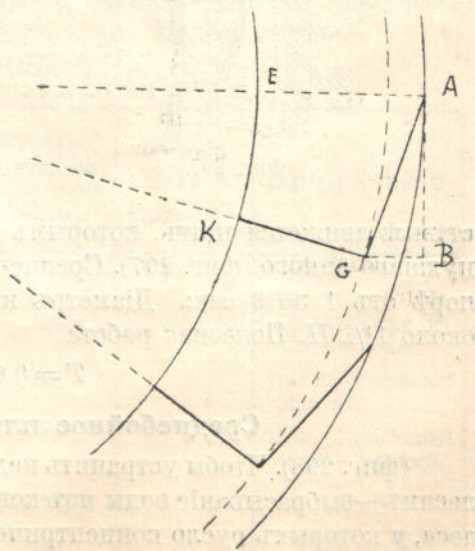


Фиг. 295.

Линія  $AE$  (фиг. 296) есть линія радиуса;  $AB$ —перпендикуляръ къ ней.  $AB=AE$ ;  $BG$  параллельно  $AE$  составляетъ половину  $AB$ ; на-  
 конецъ  $GK$  есть линія радиуса вну-  
 тренней окружности. При этомъ  
 глубина ковшей, т. е. ширина обода,  
 не дѣлается больше ширины доски  
 (10 дюйм.).

Разстояніе между ковшами не-  
 много больше ихъ высоты.

Слишкомъ сближенные ковши  
 разбрызгиваютъ воду, а изъ по-  
 ставленныхъ рѣдко вода скоро  
 выливается. Діаметръ колеса зави-  
 ситъ отъ напора, при чемъ колесо  
 не должно погружаться въ воду  
 нижняго отводнаго русла. Разность  
 колеса опредѣляется величиною  
 расхода  $Q$ .



Фиг. 296.



Опытъ показываетъ, что полезная работа верхне-наливного колеса при напорѣ  $H$  въ  $2\frac{1}{2}$  саж.

$$T = 0,60 yQH$$

или

$$N = \frac{0,6 yQH}{15} \text{ паровыхъ силъ,}$$

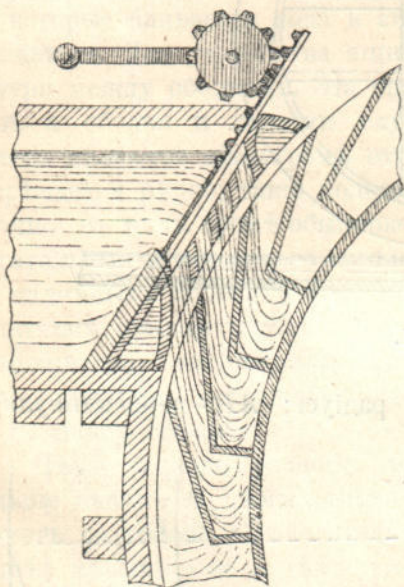
если же напоръ  $H$  большій  $2\frac{1}{2}$  саж., то

$$T = 0,75 yQH$$

или

$$N = \frac{0,75 yQH}{15} \text{ паровыхъ силъ.}$$

Колеса дѣлаются тихоходными (4—5 оборотовъ въ минуту). Для успѣшности работы надо, чтобы уровень воды мало измѣнялся, если



Фиг. 297.

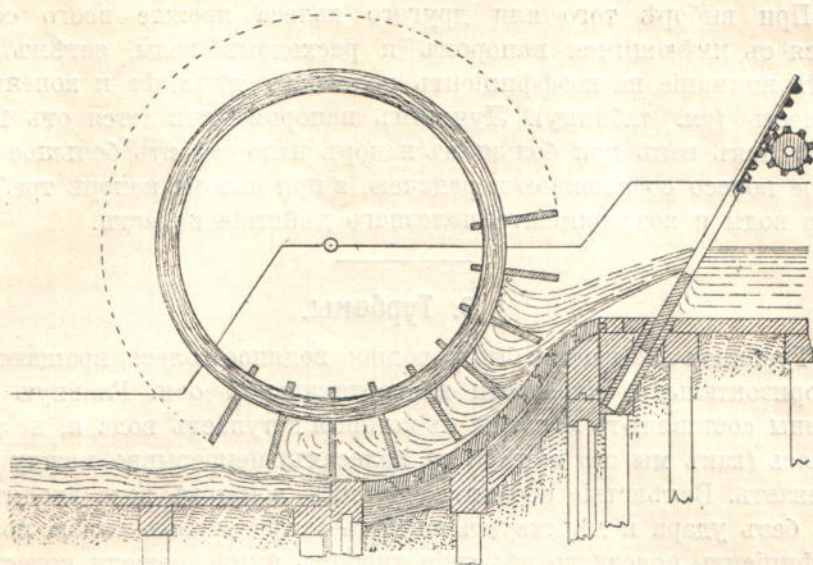
же колебанія доходить до 7 дюйм., то вмѣсто верхне-наливного ставить средне-наливное колесо, отличающееся отъ предыдущаго только способомъ подведенія воды—между горизонтальнымъ и вертикальнымъ діаметрами и ближе къ послѣднему; когда уровень воды въ прудѣ повышается, то и точка вступленія воды въ колесо приближается къ вертикальному радіусу; когда же уровень воды понижается, то точка вступленія ея въ колесо отдалается отъ вертикальнаго радіуса. Достигается это устройствомъ въ ларѣ стѣнки съ 3—5 отверстіями. Поверхность стѣнки, обращенная къ колесу, дѣлается съ нимъ концентрически, а внутренняя поверхность стѣнки (въ ларѣ) плоская. По этой стѣнкѣ движется щитъ, которымъ закрываются всѣ отверстія кромѣ нужного одного (фиг. 297). Средне-наливные колеса ставятся при напорѣ отъ 1 до 3 саж. Діаметръ ихъ конечно больше напора, именно около  $1\frac{1}{2} H$ . Полезная работа

$$T = 0,65 yQH.$$

### Среднебойное или боковое колесо.

(фиг. 298). Чтобы устранить недостатокъ, присущій наливнымъ колесамъ—выбрасываніе воды изъ ковшей, примѣняютъ среднебойные колеса, у которыхъ русло концентрически окружаетъ колесо на всемъ протяжении дѣйствія воды. Это русло, начинаясь немного ниже оси колеса,





Фиг. 298.

гдѣ въ него входитъ вода, спускается къ нижнему концу вертикальнаго діаметра. Благодаря такому устройству, вода все время держится въ колесѣ, не выливаясь. Зазоръ между кожухомъ и колесомъ самый незначительный—до  $\frac{1}{2}$  дюйма. Чтобы въ русло не попадали плавающие посторонніе предметы, передъ впускнымъ отверстіемъ ставятъ металлическую сѣтку, а для задержанія тѣлъ тяжелѣе воды на днѣ ларя дѣлаютъ углубленіе. Вступая въ колесо, вода сначала дѣйствуетъ ударомъ, а потомъ уже вѣсомъ; такимъ образомъ, боковыя колеса занимаютъ среднее мѣсто между подливными и наливными. Ставятся они при напорахъ отъ 0,50 до  $1\frac{1}{2}$  саж. Радиусъ ихъ равенъ  $3H$ . Полезная работа

$$T = 0,6 yQH.$$

КОЛЕСА.	Средній напоръ въ саж.	Расходъ воды въ куб.саж.	Кoeffи- циентъ по- лезнаго дѣй- ствія.	Относи- тельная стоимость.	Примѣчаніе.
Попвешное . . .	$\frac{1}{2}$	0,5	0,3	1	Ставится при избыткѣ воды.
Верхне-наливное.	3	0,04	0,7	2	При постоянномъ уровнѣ.
Средне-наливное.	2	0,05	0,6	3	При измѣняющемся уровнѣ.
Колесо Понселе .	$\frac{3}{4}$	0,2	0,6	4	
Средне-бойное. .	1	0,15	0,6	5	



При выборѣ того или другого колеса прежде всего соображаются съ имѣющимся напоромъ и расходомъ воды, затѣмъ обращаютъ вниманіе на коэффициентъ полезнаго дѣйствія и конечно на стоимость (см. таблицу). Лучшимъ напоромъ считается отъ  $1\frac{1}{2}$  до 3 саж., такъ какъ при большомъ напорѣ надо строить большое тихоходное колесо со сложною передачею, а при маломъ напорѣ требуется много воды и коэффициентъ полезнаго дѣйствія падаетъ.

### § 3. Турбины.

Турбиною называется быстроходное водяное колесо, вращающееся въ горизонтальной плоскости на вертикальной оси. Главную часть турбины составляютъ лопатки, въ которыя вступаетъ вода и, не задерживаясь (какъ мы это видѣли въ колесахъ), непрерывно, между ними протекаетъ. Вслѣдствіе особаго очертанія лопатокъ вода входитъ въ нихъ безъ удара и дѣйствуетъ на нихъ только живою силою, поэтому коэффициентъ полезнаго дѣйствія турбинъ выше, нежели колесъ.

Дальнѣйшая разница заключается въ томъ, что турбина находится подъ дѣйствіемъ полнаго напора, тогда какъ въ колесахъ расходуется только часть его, поэтому турбины для работы даже въ нѣсколько десятковъ лошадиныхъ силъ имѣютъ діаметръ всего въ нѣсколько футовъ. Наименьшій напоръ, при которомъ ставятся турбины, 0,50 с.; вообще при малыхъ напорахъ преимущество принадлежитъ колесамъ, такъ какъ устройство турбинъ затруднительно, но зато при большихъ напорахъ въ 3, 4, 5 саж. турбины значительно выгоднѣе верхненаливныхъ колесъ.

При этомъ измѣненіе высоты напора мало измѣняетъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія турбины. Но зато на работу турбины сильно влияетъ колебаніе въ расходѣ воды, и въ то время, какъ это колебаніе почти не отражается на работѣ вертикальнаго колеса, у турбинъ съ уменьшеніемъ расхода производительность падаетъ. Къ другимъ преимуществамъ турбинъ передъ колесами надо отнести ихъ значительную скорость вращенія, менѣе сложную передачу и экономію мѣста.

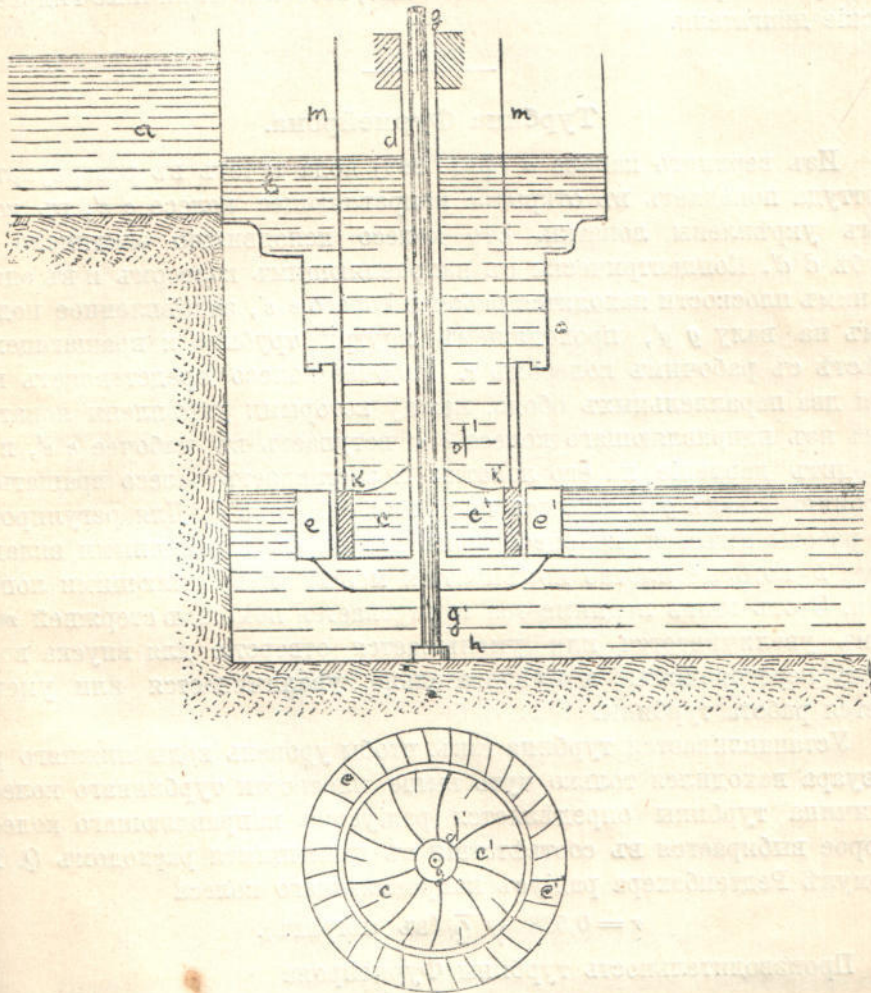
Въ нѣкоторыхъ турбинахъ вода дѣйствуетъ сразу на всѣ лопатки (турбины полныя), въ другихъ же (турбины партіальныя) дѣйствіе воды направлено только на часть лопатокъ. У однихъ (турбины радіальныя) вода движется по направленію радіусовъ; въ другихъ (турбины осевыя) направляется параллельно оси. Наконецъ, еще разница въ турбинахъ обусловливается формою лопатокъ: одні изъ турбинъ (реактивныя) работаютъ живою силою и давленіемъ воды, другія (активныя) только живою силою.

Если воды много и турбина можетъ работать полнымъ притокомъ, то при малыхъ и среднихъ напорахъ ставятся реактивныя турбины, которыя при большомъ числѣ оборотовъ имѣютъ меньшіе размѣры и



болѣе дешевы. Если количество воды непостоянно и его приходится регулировать, то употребляются активныя турбины и при большихъ напорахъ парціальныя.

Чтобы вода входила между лопатками турбиннаго колеса безъ удара, необходимо подводить ее подъ опредѣленнымъ угломъ помощью особаго направляющаго аппарата. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ ряда



Фиг. 299.

направляющихъ каналовъ также изогнутыхъ, какъ лопатки турбиннаго колеса, но только въ противоположную сторону. Турбины должны быть предохранены отъ замерзанія. Чтобы въ турбины не попадали плавающія тѣла, у входа въ турбинное русло ставятся металлическія сѣтки. При малыхъ и среднихъ напорахъ (до 2 саж.) турбина устанавливается обыкновенно въ открытомъ ларѣ; при болѣе высо-



комъ напоръ ларь замѣняется желѣзною или чугуною коробкою съ подводящею трубою.

Наиболѣе распространены осевыя турбины, хотя въ нихъ рабочее колесо трудно доступно для осмотра.

Существуетъ очень много турбинъ различнаго наименованія, описаніе ихъ всѣхъ выходитъ за рамки настоящаго курса, въ которомъ разсматриваются только основные, особенно типичные гидравлическіе двигатели.

### Турбина Фурнейрона.

Изъ верхняго канала *a* (фиг. 299) вода течетъ въ резервуаръ *b*, а оттуда попадаетъ въ открытое направляющее колесо *c c'*, въ которомъ укрѣплены лопатки. Это колесо неподвижно заклинено на трубѣ *d d'*. Концентрически съ направляющимъ колесомъ и въ одной съ нимъ плоскости находится рабочее колесо *e e'*, закрѣпленное поддномъ на валу *g g'*, проходящемъ внутри трубы *d* и вращающемся вмѣстѣ съ рабочимъ колесомъ *e*. Рабочее колесо представляетъ изъ себя два параллельныхъ обода, между которыми укрѣплены лопатки. Вода изъ направляющаго колеса *c c'* вступаетъ въ рабочее *e e'*, производитъ давленіе на его лопатки и заставляетъ колесо вращаться. Турбинный валъ *g* вращается на подводной пятѣ *h*. Для регулированія работы имѣется кольцеобразный щитъ съ деревянными вкладышами *k*, которые плотно помѣщаются между направляющими лопатками. Этотъ щитъ поднимается и опускается помощью стержней *m*, и этимъ увеличивается или уменьшается отверстіе для впуска воды между перегородками, а слѣдовательно, увеличивается или уменьшается работа турбины.

Устанавливается турбина такъ, чтобы уровень воды нижняго резервуара находился только чуть выше плоскости турбиннаго колеса. Величина турбины опредѣляется радіусомъ направляющаго колеса, которое выбирается въ соотвѣтствіи съ имѣющимся расходомъ *Q*. По формулѣ Редтенбахера радіусъ направляющаго колеса

$$r = 0,538 \sqrt{Q} \text{ (въ метрахъ).}$$

Производительность турбины Фурнейрона

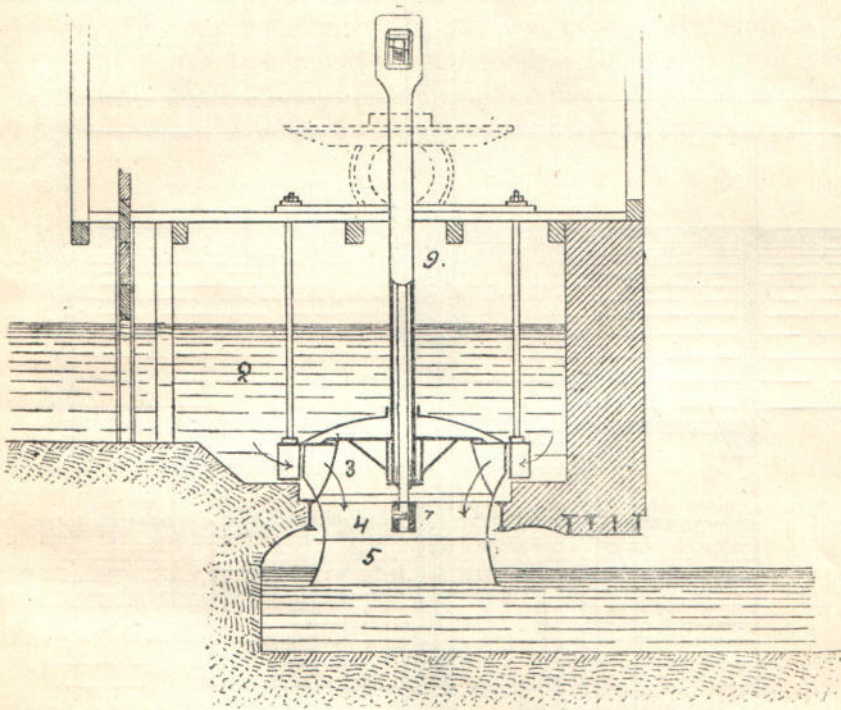
$$T = 0,65 \, yQH.$$

### Турбина Френсиса

принята за основной типъ для американскихъ турбинъ и въ настоящее время является наиболѣе распространенною вслѣдствіе удобства ея регулировки и приспособляемости ко всякаго рода условіямъ. Она отличается отъ фурнейроновской тѣмъ, что направляющее колесо у



нея устраивается снаружи турбины, вследствие чего скорость воды между лопатками уменьшается. Вода из желоба 1 (фиг. 300) вступает въ камеру 2 и из нея въ направляющее колесо 3, затѣмъ въ рабочее 4. Къ этому колесу внизу прикрѣплена отводная труба 5, опущенная своимъ концомъ подъ нижній уровень воды. Благодаря тому, что въ этой трубѣ нѣтъ воздуха и вся она наполнена водой, облегчается выходъ воды изъ рабочаго колеса. Внутри этой трубы проходитъ желѣзный валъ 7, верхнимъ концомъ поддерживающій пустотѣльный валъ турбинный 9, на которомъ укрѣплено рабочее колесо.



Фиг. 300.

### Турбина Геншеля-Жонваля.

Преимущество этой турбины передъ турбиной Фурнейрона заключается въ томъ, что вода вступаетъ въ рабочее колесо сверху и слѣдовательно направленіе ея не измѣняется, поэтому при сравнительно меньшихъ размѣрахъ турбины скорость входа воды получается больше, чѣмъ у Фурнейрона.

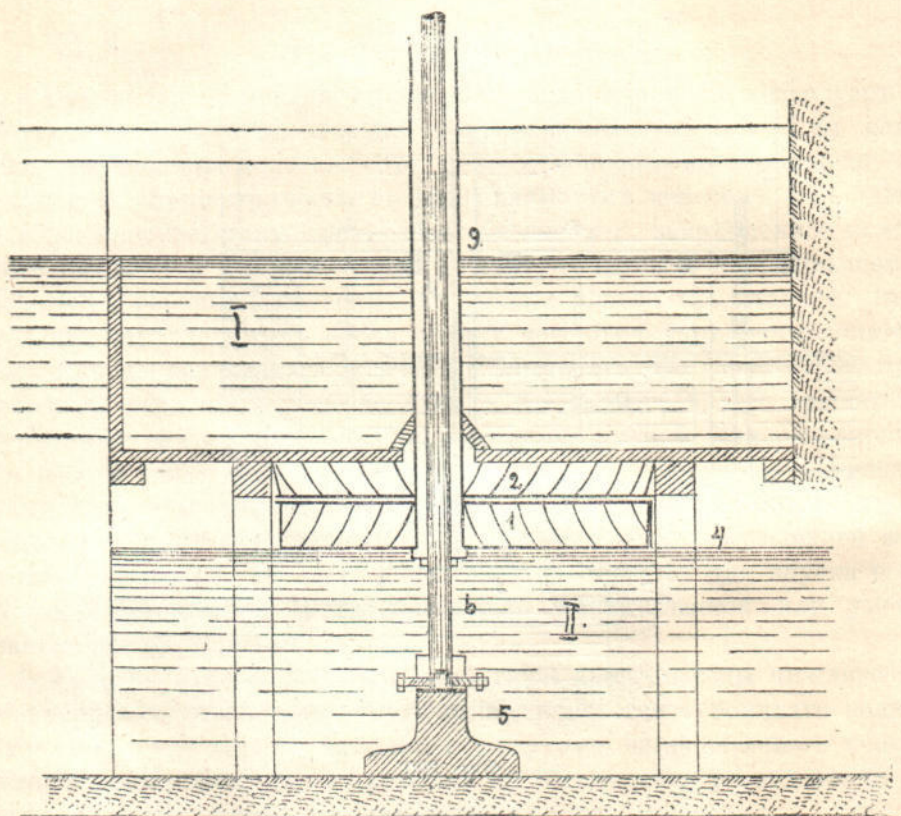
Вода изъ турбинной камеры (I) (фиг. 301) черезъ неподвижное направляющее колесо (2) течетъ въ рабочее (1), а изъ него въ нижній отводный каналъ (II). Направляющее колесо помѣщено въ чугунномъ кольцѣ, поддерживаемомъ стойками (4); посрединѣ между стойками



укрѣпляется массивная подкладка (5), поддерживающая желѣзный валъ (6), который проходитъ внутри лага чугунаго турбиннаго вала (9). На этотъ валъ посредствомъ ручекъ и ступицы насажено турбинное рабочее колесо (1).

Къ числу особенностей турбины Жонваля относится надводная пята, изобрѣтенная Фонтаномъ. Устроена она такъ, что опорная точка вращенія механизма находится не внизу турбины, а выше ея.

Пускъ въ ходъ турбины начинается съ поднятія щита въ каналъ.



Фиг. 301.

Работа Жонвалевской турбины выражается такъ

$$T = 0,70 \, \gamma Q H.$$

Турбина выбирается по діаметру, который находится въ зависимости отъ расхода  $Q$ , скорости  $v$  и напора  $H$ . При чемъ скорость  $v = 0,7 \sqrt{2 g H}$  (въ метрахъ). Чѣмъ больше напоръ, тѣмъ меньшій требуется діаметръ. Такъ, при  $H$  отъ 0,5 метра діаметръ:

$$D = 2 \sqrt{\frac{Q}{v}},$$



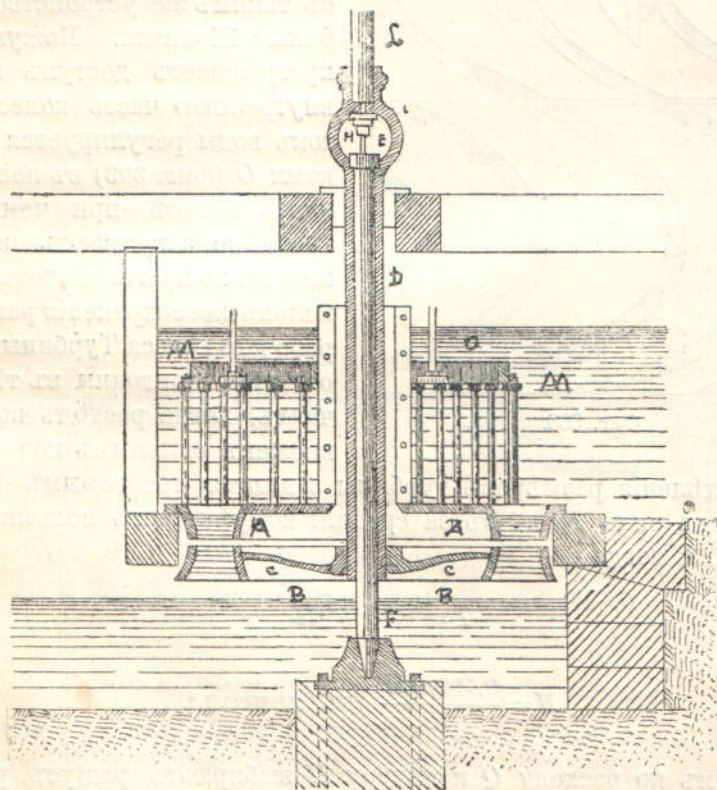
при  $H$  отъ 1,5 до 8 метровъ

$$D = 2,5 \sqrt{\frac{Q}{v}},$$

при  $H$  отъ 8 до 12 метровъ

$$D = 3 \sqrt{\frac{Q}{v}}.$$

Для напоровъ большихъ 12 метровъ нельзя ставить турбину Жонваля, такъ какъ получается слишкомъ большая нагрузка на подпятникъ. Жонвалевская турбина отличается простотою конструкции и легкостью ремонта, такъ какъ легко приподнять и вытащить какъ направляющее, такъ и рабочее колесо. Въ этой турбинѣ (какъ и въ турбинѣ Фурнейрона) при напорѣ большемъ 4 метр. устраивается подводъ воды снизу, т. е. направляющее колесо находится подъ рабочимъ колесомъ и вода къ нему подводится закрытою трубою.



Фиг. 302.

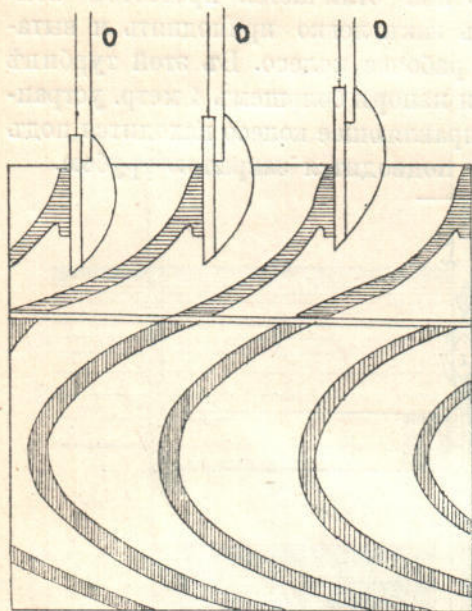
### Турбина Жирара.

Расположеніе колесъ направляющаго и рабочаго такое же, какъ и въ турбинѣ Жонваля; самое же главное отличіе Жираровской турбины отъ другихъ заключается въ очертаніи лопатокъ и въ расширеніи



каналовъ рабочаго колеса книзу. Благодаря этому, вода проходитъ по вогнутой сторонѣ каналовъ, не прикасаясь къ другимъ стѣнкамъ, и, такимъ образомъ, встрѣчая меньше сопротивленій, она отдаетъ турбинѣ почти всю живую силу. Турбина эта не можетъ быть погружена въ нижнюю воду, поэтому она примѣняется лишь тамъ, гдѣ напоръ постояненъ и гдѣ уровень нижней воды никогда не поднимается.

Въ общихъ чертахъ турбина Жирара устроивается слѣдующимъ образомъ (фиг. 302): *АА* направляющій аппаратъ, *ВВ*—рабочее колесо,



Фиг. 302.

посредствомъ поддона *С* укрепленное на пустотѣломъ валу *Д*, внутри котораго проходитъ неподвижная массивная ось *ЕФ*. Посредствомъ головки *Н* валъ *Д* соединенъ съ валомъ *Л*; въ головкѣ пята и подпятникъ сходны съ такимъ же устройствомъ турбины Жонваля. Кожухъ *ММ* преграждаетъ доступъ воды во внутреннюю часть колеса. Притокъ воды регулируется задвижками *О* (фиг. 303) въ направляющемъ колесѣ, при чемъ одновременно закрываютъ пару диаметрально противоположныхъ каналовъ для сохраненія равновѣсія рабочаго колеса. Турбины Жирара особенно пригодны въ тѣхъ случаяхъ, когда расходъ воды подверженъ сильнымъ колебаніямъ.

Для опредѣленія размѣровъ турбины задаются требуемымъ числомъ лошадиныхъ силъ *N*, взявъ за средній коэффициентъ полезнаго дѣйствія 0,70, и тогда

$$T = 0.70 \, yQH$$

и

$$N = \frac{0.70 \, yQH}{75} \text{ (въ метрахъ).}$$

Затѣмъ по расходу *Q* и напору *H* выбираютъ радіусъ, руководствуясь формулою Мейснера

$$r = \text{отъ } 1.5 \text{ до } 2 \sqrt{\frac{Q}{0.85 \sqrt{2gH}}} \text{ (въ метр.).}$$

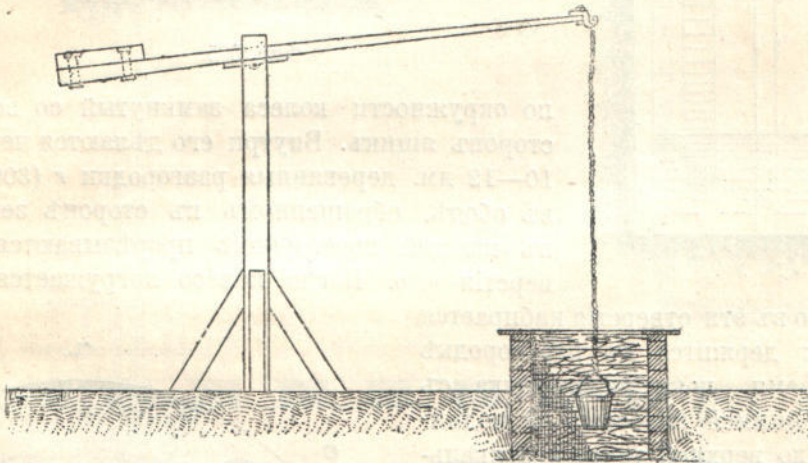


#### § 4. Водоподъемныя машины.

Механизмы, имѣющіе своимъ назначеніемъ передачу воды изъ нижележащаго бассейна въ другой—вышележащій, называются *водоподъемными машинами* или *водоподъемниками*.

Водоподъемники раздѣляются на двѣ категоріи: 1) тѣ, въ которыхъ нѣтъ трубъ и давленіе воздуха въ подъемъ воды не участвуетъ, и 2) тѣ, въ которыхъ вода поднимается по трубамъ при участіи атмосфернаго давленія. Къ первой категоріи относятся ведро или бадья, чигирь, норія, цѣпной насосъ и архимедовъ винтъ. Ко второй—поршневые и центробѣжные насосы и таранъ.

Простѣйшимъ водоподъемникомъ является *ведро* въ рукахъ человѣка. При высотѣ въ 0,50 с. рабочий въ 8-часовой день поднимаетъ около 3000 ведеръ. Если же ведро подвѣшивается къ коромыслу на стойкѣ журавля (фиг. 304), то двумя рабочими—одинъ у



Фиг. 304.

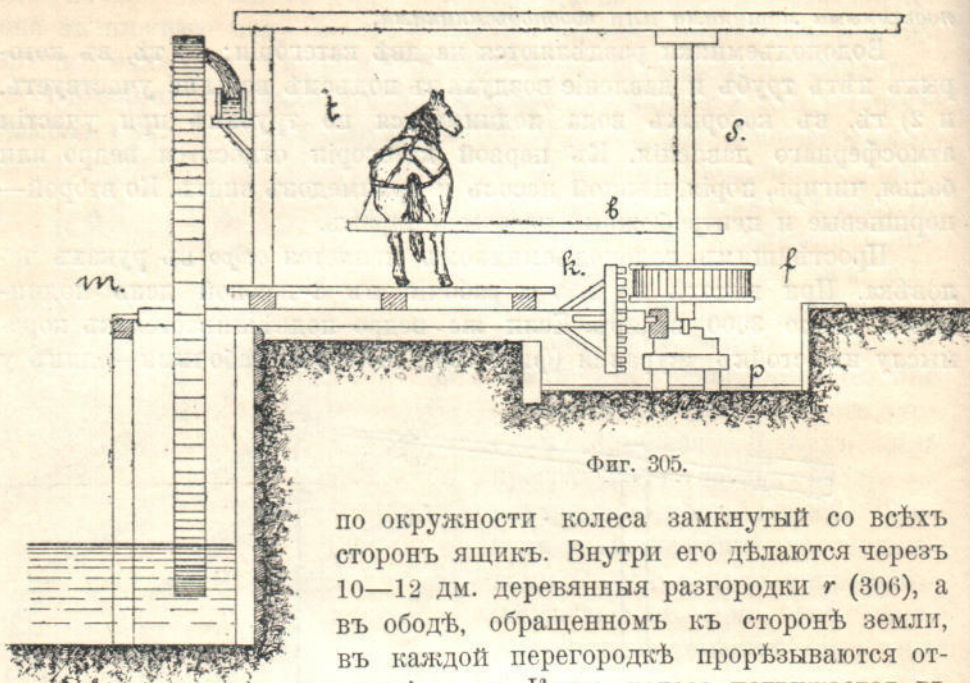
колодца, другой на высотѣ подъема, можно поднять воду до высоты въ 3 сажени и въ количествѣ въ  $1\frac{1}{2}$  раза большемъ, чѣмъ просто ведромъ.

#### Болгарскій (египетскій) чигирь.

Главную существенную часть машины представляетъ большое, въ 2—3 саж., колесо (фиг. 305) на горизонтальномъ валу, опущенное нижнимъ концомъ въ воду. Одинъ конецъ вала шипомъ лежитъ на подушкѣ *m*, а другой снабженъ кулачнымъ колесомъ *k*, сцепляющимся съ фонарной шестерней *f*, сидящей на стоякѣ *s*, вращающемся на подпятникѣ *p*, съ водиломъ *b* для лошади. Валъ *mk* помѣщается ниже поверхности земли, а для движенія лошади устраивается надъ валомъ мостикъ. Водяное колесо устраивается слѣдующимъ образомъ: два



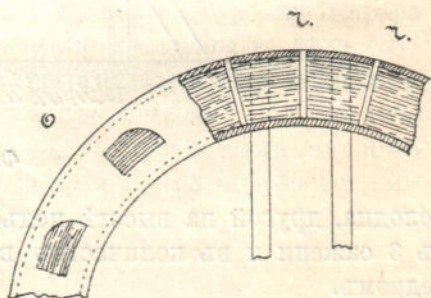
обода, расположенные одинъ отъ другого на разстояніи около 10 д., закрываются сверху и снизу жестью и, такимъ образомъ, получается



Фиг. 305.

по окружности колеса замкнутый со всѣхъ сторонъ ящикъ. Внутри его дѣлаются черезъ 10—12 дм. деревянные разгородки *р* (306), а въ ободѣ, обращенномъ къ сторонѣ земли, въ каждой перегородкѣ прорѣзываются отверстія *о*, *о*. Когда колесо погружается въ

воду, то въ эти отверстія набирается вода и держится въ перегородкѣ все время, пока перегородка съ вращающимся колесомъ не поднимется до верхней точки вертикальнаго діаметра; при дальнѣйшемъ движеніи колеса перегородка наклоняется и вода изъ отверстія *о* выливается въ желобъ *т*. При смѣнныхъ лошадяхъ машина можетъ полить въ день до 8—10 десятинъ.



Фиг. 306.

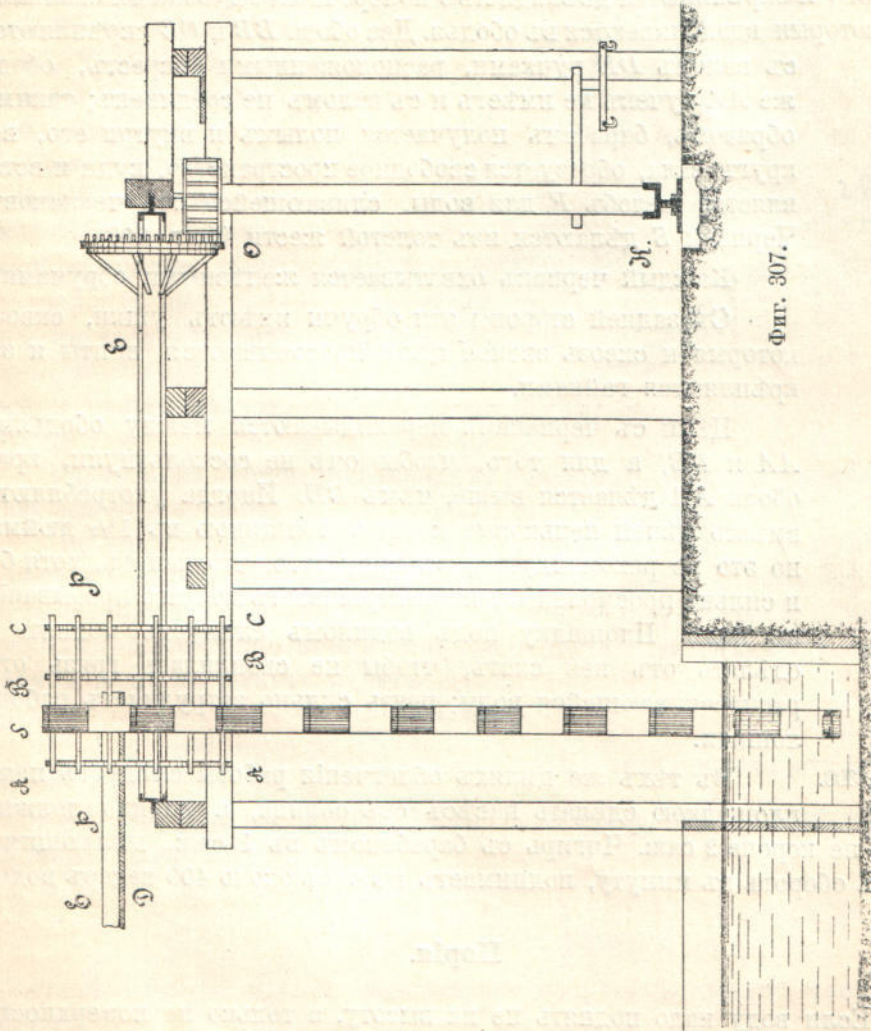
### Саратовскій (или татарскій) чигирь.

Надъ тѣмъ мѣстомъ (рѣка, прудъ или колодезь), откуда предложено поднимать воду, забивается 10 свай: по концамъ по 2, по серединѣ два ряда по 2 и, кромѣ того, 2 сваи поддерживающія валъ и барабанъ съ черпаками.

Горизонтальный валъ *DE* (фиг. 307) лежитъ на свайныхъ насадкахъ на такомъ разстояніи отъ земли, на какое предполагается



поднять воду. На одномъ концѣ вала укрѣпленъ барабанъ *АС* діаметромъ до 1 саж., черезъ который перекинута цѣпь съ желѣзными черпаками. На другомъ концѣ укрѣплено кулачное колесо. Колесо это состоитъ изъ двухъ рядовъ дощатыхъ косяковъ, березового и



Фиг. 307.

соснового, и сцѣплено съ цѣвочною шестернею, сидящею на стоякѣ *ОК*. На нижнюю часть стояка нагоняется желѣзный шипъ съ наваренною на немъ стальною пятою, и этою пятою стоякъ упирается въ стальной черехугольный подпятникъ, заключенный въ чугунной корбкѣ, вдолбленной въ деревянную подушку.

Верхній конецъ стояка также имѣетъ шипъ, вращающійся въ особой желѣзной обоймѣ. Въ стоякъ вдальбливается водило съ упряж-



нымъ валькомъ для лошади. Горизонтальный валъ *DE* на концахъ снабженъ шинами, которыми онъ помѣщается на подшипникахъ, укрѣпленныхъ на насадкахъ. Барабанъ *AC* состоитъ изъ трехъ параллельныхъ между собою ободьевъ, связанныхъ изъ вершковыхъ сосновыхъ досокъ; ободья расположены на разстояніи 0,30 с. одно отъ другого и скрѣпляются двѣнадцатью поперечными дубовыми скалками *pp*, которыя вдальбливаются въ ободья. Два обода *BB* и *CC* скрѣпляются съ валомъ *DE* ручками, расположенными накрестъ, ободъ же *AA* ручекъ не имѣетъ и съ валомъ не соединенъ; такимъ образомъ, барабанъ получается полымъ и внутри его, вокругъ вала, образуется свободное пространство, куда и вставляется желобъ *F* для воды, сливающейся изъ черпаковъ. Черпаки *S* дѣлаются изъ толстой жести (фиг. 308).



Каждый черпакъ охватывается желѣзными обручами.

Съ задней стороны эти обручи имѣютъ ушки, сквозь которыя и сквозь звенья цѣпи просовываются винты и закрѣпляются гайками.

Цѣпи съ черпаками перекидываются между ободьями *AA* и *BB*, а для того, чтобы онѣ не соскользнули, край обода *AA* дѣлается выше, чѣмъ *BB*. Иногда употребляютъ вмѣсто цѣпей пеньковые канаты, толщиною въ 1½ дюйма, но это не рекомендуется въ виду того, что канатъ, хотя бы и сильно просмоленный, не выдерживаетъ долгаго пребыванія въ водѣ. Площадку подъ водиломъ слѣдуетъ поднять и сдѣлать отъ нея скатъ, чтобы не скоплялась грязь отъ расплескивающейся воды; грязь сильно затрудняетъ работу лошади.



Фиг. 308.

Въ тѣхъ же цѣляхъ облегченія работы слѣдуетъ надъ площадкою сдѣлать навѣсъ отъ солнца, а водило должно быть не короче 2 саж. Чигирь съ барабаномъ въ 1 саж., дѣлающимъ одинъ оборотъ въ минуту, поднимаетъ въ часъ около 400 ведеръ воды.

## Норія.

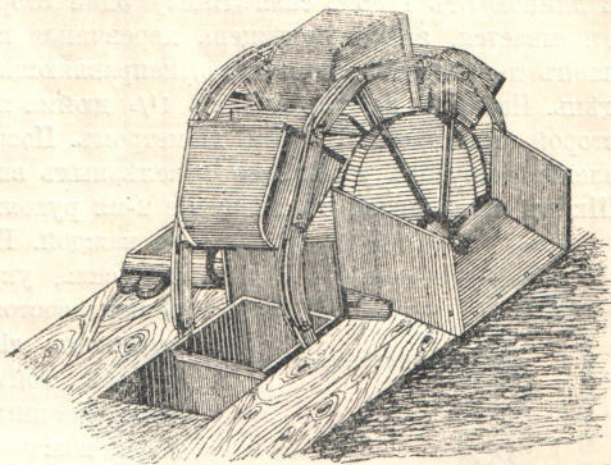
Если воду надо поднять не на высоту, а только на поверхность земли, то въ этомъ случаѣ наиболѣе подходящимъ водоподъемникомъ является норія.

Она состоитъ (фиг. 309) изъ многоугольнаго чугунаго пустого внутри барабана, черезъ который перекинута парная безконечная цѣпь съ закрѣпленными на ней черпаками. На одномъ концѣ барабаннаго вала укрѣплена чугунная коническая зубчатка, сдѣляющаяся съ коническою шестернею, закрѣпленною на стоякѣ, въ верхней части котораго устраивается водило. Поднимающаяся норією вода вытекаетъ



изъ черпаковъ въ пріемникъ, находящійся внутри барабана, а оттуда течетъ въ желобъ. Норія поднимаетъ воду на высоту до 11 сажень. Когда пустой черпакъ движется книзу, то въ немъ находится воздухъ, который препятствуетъ наполненію черпака; для устраненія этого неудобства въ днѣ черпака дѣлается захлопный клапанъ.

При опорожненіи черпака клапанъ отъ собственного вѣса откидывается и открываетъ отверстіе, когда же черпакъ погружается въ воду, то клапанъ прижимается ко дну и закрываетъ отверстіе.



Фиг. 309.

Одноконная норія при подъемѣ до 3 саж. подаетъ воды около 2000 ведеръ въ часъ.

Производительность норіи (и чигиря) опредѣляется слѣдующимъ расчетомъ: если  $s$  длина цѣпи,  $m$ —число черпаковъ,  $g$ —емкость черпака,  $n$ —число оборотовъ колеса въ минуту и  $v$ —скорость цѣпи въ секунду (обыкновенно принимается  $= 1/2$  фута), то объемъ  $V$  поднимаемой воды въ минуту будетъ

$$V = mgn,$$

при чемъ  $n = \frac{60 \cdot v}{s}$ . Такъ какъ при поднятіи всегда происходитъ потеря воды приблизительно въ  $1/6$  всего количества, то, слѣдовательно, въ минуту поднимается

$$V' = \frac{5}{6} mgn$$

$$V' = \frac{5}{6} mg \frac{60 \cdot v}{s} = 50 \frac{v}{s} mg,$$

подставляя  $v = 1/2$  фута и выражая все въ футахъ, имѣемъ минутный объемъ

$$V' = 25 \frac{mg}{s} \text{ куб. фут.}$$

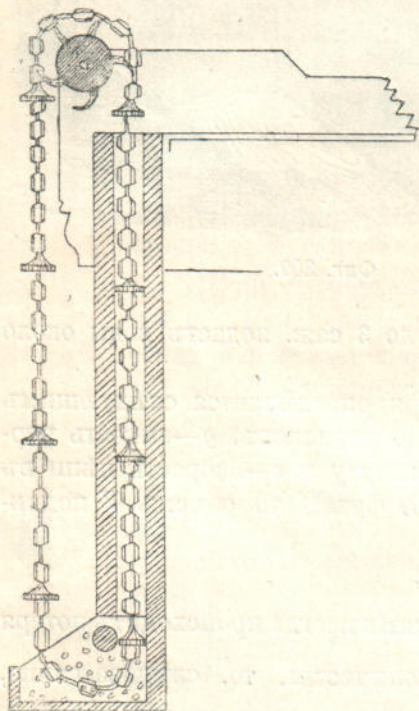
или приблизительно  $64 \frac{mg}{s}$  ведеръ.

Число лошадей, необходимыхъ для работы, зависитъ, какъ отъ количества ведеръ въ часъ, такъ и отъ высоты подъема. Такъ, на 1000 ведеръ до высоты 6 саж. достаточно работы 1 лошади, до высоты 11 саж.— 2 лошадей. При 1500 вед. до 6 саж.— 2 лошади, до 11 саж.— 4 лошади и т. д.



### Четочникъ или цѣпной насосъ.

Простой, но очень производительный четочникъ (фиг. 310) состоитъ изъ вертикальной деревянной трубы діаметромъ около 5 дюйм. и длиною отъ 1 до 2 саж. Внизу одна сторона трубы дюйм. на 12 открывается, здѣсь помѣщена деревянная коробка, а въ ней укрѣпленъ деревянный же шкивъ, направляющій въ трубу безконечную цѣпь. Наверху на толстой въ  $1\frac{1}{2}$  дюйма желѣзной оси вращается второй шкивъ, въ 12 дюйм. діаметромъ. Посрединѣ шкива по направлению радіусовъ укрѣплено 6 желѣзныхъ вилокъ для прохода цѣпи. Шкивъ приводится въ движеніе 2-мя рукоятками, по два рабочихъ на каждой. На цѣпи, черезъ каждыя



Фиг. 310а.

0,30 саж., укрѣплены диски или тарелки, состоящія изъ деревянныхъ кружковъ, діаметромъ чуть меньше (въ 4,8 дюйма) діаметра трубы; на эти деревянные кружки накладывается по 2 кожаныхъ, діаметромъ точно соответствующихъ (5 дюйм.) діаметру трубы; сверху накладывается еще желѣзный кружокъ и все вмѣстѣ скрѣпляется заклепками. При движеніи эти диски захватываютъ воду, поднимаютъ ее вверхъ по трубѣ и сливаютъ въ желобъ. Въ теченіе часа четверо рабочихъ при 30 оборотахъ шкива въ минуту поднимаютъ на высоту 1 саж. около 6,000 ведеръ.

Вообще же производительность четочника опредѣляется по формулѣ,

$$V = k m l d^2$$

гдѣ  $V$ —объемъ воды въ минуту,  $m$ —число дисковъ,  $l$ —разстояніе между

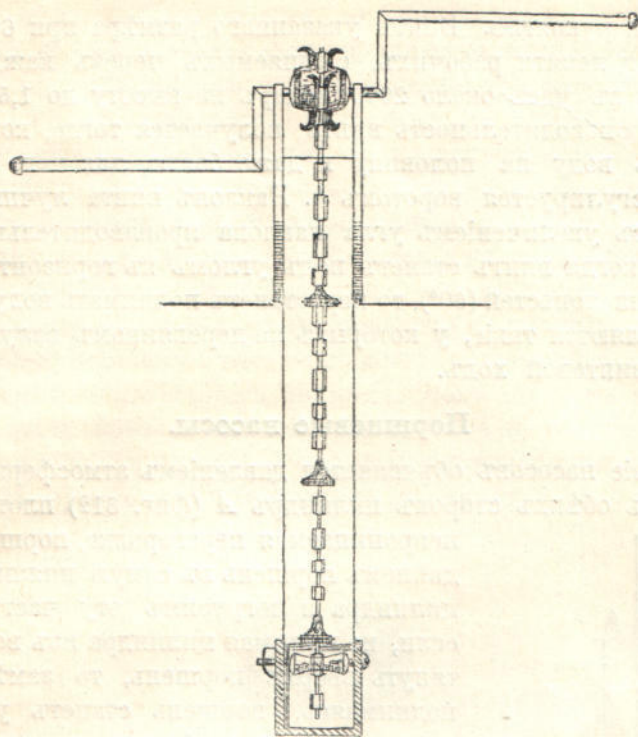
ними,  $d$ —діаметръ диска,  $k$ —коэффициентъ равный 40,2.

Максимальный подъемъ четочника считается въ 2 саж.

### Архимедовъ винтъ.

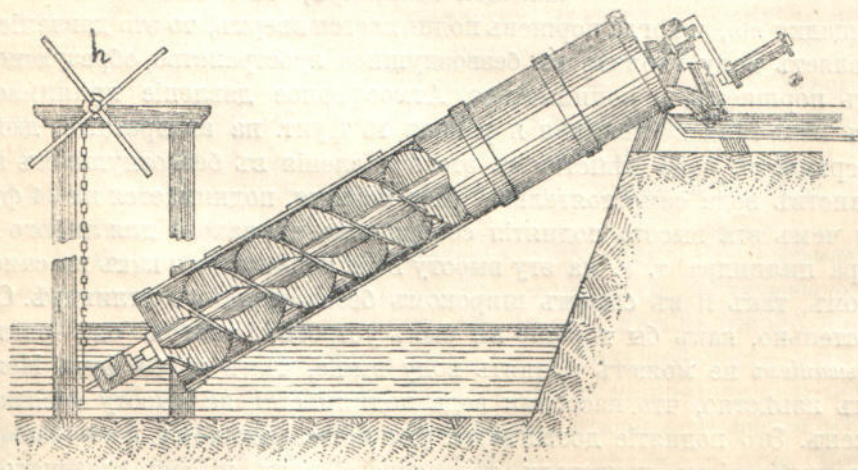
Внутри дощатаго барабана (фиг. 311) длиною 3 саж. и діаметромъ около 25 дм. помѣщается деревянный 8 дюймовый валъ съ желѣзными шипами. Между валомъ и барабаномъ устроены винтовые поверхности, сдѣланныя изъ тонкихъ клепокъ, укрѣпленныхъ въ пазъ, глубиною въ  $2\frac{1}{2}$  дюйм., вырѣзанный по винтовой линіи на поверхности вала, другимъ концомъ клепки входятъ въ пазъ, глубиною въ  $\frac{1}{2}$  дюйма, вырѣзанный по винтовой линіи на внутренней поверхности барабана.





Фиг. 3106.

Винтовые поверхности наклонены къ производящей вала на  $60^\circ$ , а разстояніе между ними дѣлается въ 7 дюйм. При погруженіи механизма нижнимъ концомъ въ воду и при вращеніи вала вода поднимается по винтовымъ поверхностямъ и вытекаетъ черезъ верхнее отверстіе барабана. Двигателемъ винта чаще бываетъ мускульная сила



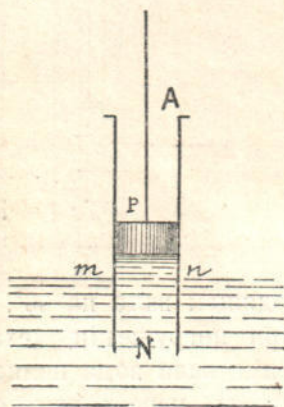
Фиг. 311.



рабочихъ на рукояткѣ. Винтъ указаннаго размѣра при 60 оборотахъ въ минуту и девяти рабочихъ, смѣняемыхъ черезъ каждыя 2 часа, поднимаетъ въ часъ около 2000 ведеръ на высоту до 1,5 саж. Наибольшая производительность винта получается тогда, когда онъ погруженъ въ воду на половину и даже болѣе, для чего нижній конецъ его регулируется воротомъ *h*. Наклонъ винта лучшій  $35^\circ$  и не болѣе  $45^\circ$ ; съ увеличеніемъ угла наклона производительность винта падаетъ, и когда винтъ станетъ подъ угломъ къ горизонту, равнымъ углу наклона лопастей ( $60^\circ$ ), то перестанетъ поднимать воду. Лучшими винтами являются такіе, у которыхъ на деревянномъ валу укрѣпленъ желѣзный винтовой ходъ.

### Поршневые насосы.

Дѣйствіе насосовъ объясняется давленіемъ атмосферы. Пусть въ открытый съ обѣихъ сторонъ цилиндръ *A* (фиг. 312) плотно входитъ непроницаемая перегородка, поршень *p*. Про-



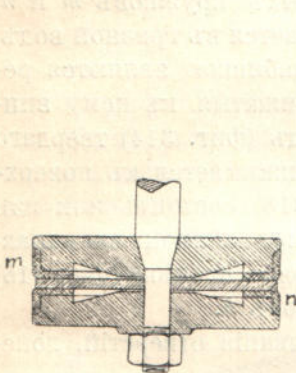
Фиг. 312.

двинемъ поршень въ самую нижнюю часть *N* цилиндра и погрузимъ эту часть въ воду; если, не вынимая цилиндра изъ воды, будемъ тянуть вверхъ поршень, то замѣтимъ, что, поднимаясь, поршень станетъ увлекать за собою воду, т. е. будетъ происходить такъ называемое присасываніе воды. Если бы поршень не былъ совершенно плотно приточенъ къ цилиндру, то при подъемѣ въ нижнюю часть цилиндра проникалъ бы воздухъ, и вода не пошла бы за поршнемъ. Атмосферный воздухъ давитъ на всю поверхность воды, окружающей цилиндръ, за исключеніемъ только

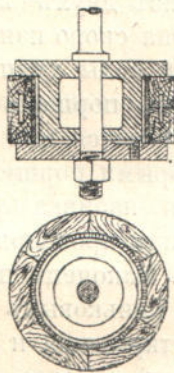
площадки *mn*, и когда поршень поднимается вверхъ, то это давленіе заставляетъ воду входить въ безвоздушное пространство, образующееся подъ поршнемъ, и подниматься. Атмосферное давленіе принимается какъ величина постоянная и равная 16 фунт. на квадратный дюймъ поверхности; подъ дѣйствіемъ этого давленія въ безвоздушномъ пространствѣ вода самостоятельно, безъ поршня, поднимается на 34 фута, при чемъ эта высота поднятія совершенно одинакова для любого діаметра цилиндра, т. е. на эту высоту вода поднимается какъ въ самомъ узкомъ, такъ и въ самомъ широкомъ безвоздушномъ цилиндрѣ. Слѣдовательно, какъ бы хорошо ни былъ устроенъ насосъ, онъ однимъ всасываніемъ не можетъ поднять воду выше, чѣмъ на 34 фута. Между тѣмъ извѣстно, что насосами вода поднимается на высоту десятковъ сажень. Это поднятіе достигается уже не всасываніемъ, а напечтаніемъ, съ примѣненіемъ двигателя, толкающаго воду и заставляющаго ее итти на любую высоту. При этомъ, согласно съ основными законами



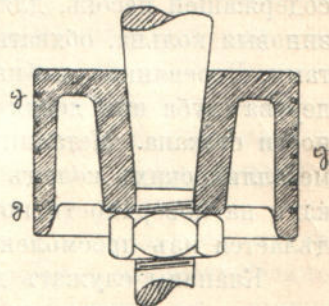
механики, чѣмъ больше высота подъема, тѣмъ и большая нужна сила, чтобы *въ одно и то же время* поднять нужное количество воды, и обратно, при дѣйствіи на насосъ одной и той же силы, количество поднимаемой воды становится меньшимъ съ увеличеніемъ высоты. Люди, недостаточно компетентные въ этихъ вопросахъ, дѣлають ошибочныя заключенія относительно несовершенствъ, напримѣръ, пожарныхъ трубъ, и та труба, которая при одинаковомъ усилии беретъ выше, считается лучшею. Но происходитъ это вовсе не отъ несовершенствъ механизма, а отъ его конструкціи, оттого, что отверстіе ея брандспойта уже, и насколько *выше* поднимается струя, настолько *меньше* она подаетъ воды. Вслѣдствіе несовершенствъ конструкціи, а также вслѣдствіе различныхъ побочныхъ причинъ, подъ поршень насоса проникаетъ воздухъ, образующій такъ называемое *вредное пространство*, и, такимъ образомъ, предѣльная высота всасыванія считается не 34, а не болѣе 24 футовъ для металлическихъ трубъ и 21 футъ для дере-



Фиг. 313.



Фиг. 314.



Фиг. 315.

вянныхъ, т. е. практически принимается, что на такую высоту можетъ подниматься поршень насоса въ самомъ верхнемъ его положеніи. При этомъ съ повышеніемъ температуры воды высота всасыванія уменьшается и кипящая вода (въ 100° С.) къ поршню не присасывается, такъ какъ этому мѣшаетъ паръ между поверхностью воды и поршнемъ. Если требуется горячую воду поднять нагнетаніемъ, то къ насосу она подводится самотекомъ.

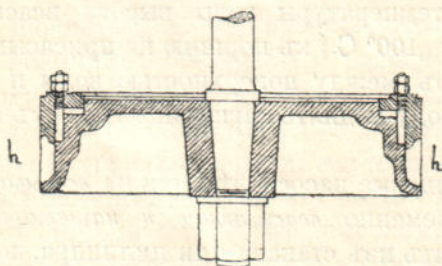
По характеру работы поршневые насосы дѣлятся на *всасывающіе* и *нагнетательные* или же одновременно *всасывающіе* и *нагнетательные*. Всякій поршневой насосъ состоитъ изъ стакана или цилиндра, поршня, клапановъ и трубъ. Цилиндры дѣлаются по большей части чугунные; въ тѣхъ же насосахъ, которые употребляются не постоянно и поэтому подвержены ржавчинѣ (напр., пожарные), стаканъ дѣлается мѣдный или же въ чугунный цилиндръ вгоняется мѣдная втулка. Верхняя крышка цилиндра или совершенно отсутствуетъ или она закрыта и



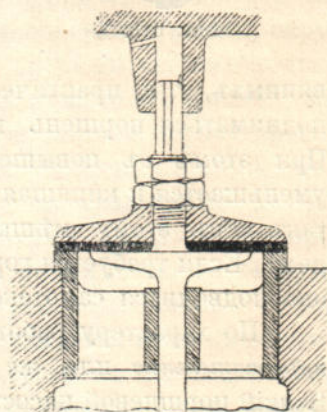
снабжена сальникомъ, сквозь который проходитъ штокъ поршня. Набивку сальника лучше дѣлать кожаную, такъ какъ пеньковая недостаточно упруга и скоро перетирается.

Поршни насосовъ изготовляются изъ чугуна, рѣдко изъ мѣди. Дѣлаются поршни или въ видѣ дисковой перегородки или въ видѣ цилиндра. Эти послѣдніе называются скалками или нырялами. Дисковые поршни требуютъ тщательной, хорошей проточки стакановъ, при скалкахъ же это большого значенія не имѣетъ, но зато между скалкою и цилиндромъ всегда образуется вредное пространство; поэтому скалка употребляется въ насосахъ съ большимъ давленіемъ при маломъ подъемѣ. Затѣмъ поршни раздѣляются на сплошные и съ набивкой. Сплошные, безъ набивки, годятся только для совершенно чистой жидкости и для невысокаго давленія. Изготовленіе ихъ очень затруднительно, по большей части они употребляются въ пожарныхъ насосахъ. Чаше употребляются поршни съ набивкою: кожаную, деревянную, пеньковую, холцевую, резиновую или металлическую. Кожаная набивка (фиг. 313) состоитъ изъ двухъ кожаныхъ кружковъ *m* и *n*, загнутыхъ въ обѣ стороны. Она скоро изнашивается въ грязной водѣ, содержащей песокъ, для такой воды лучшею набивкою являются резиновые кольца, обхватывающія поршень и прижатые къ нему винтами. Деревянная набивка дѣлается изъ колецъ (фиг. 314) твердаго дерева (дуба или ясеня), которыми поршень прижимается къ поверхности стакана. Металлическая набивка (фиг. 315) состоитъ или изъ металлических колецъ или изъ проволоки, укрѣпленной въ канавкахъ на поверхности поршня. Наконецъ пеньковая набивка (фиг. 316) дѣлается изъ просмоленныхъ пеньковыхъ жгутовъ *h*.

Клапаны служатъ для открыванія и закрыванія отверстій, попеременно соединяющихъ стаканъ насоса съ приѣмной и отводной трубой. Клапаны должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ: 1) плот-



Фиг. 316.

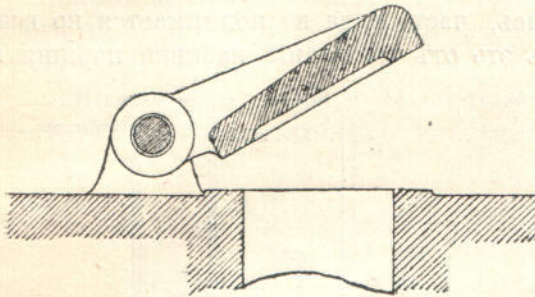


Фиг. 317.

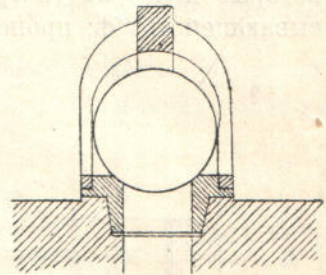
но прикрывать отверстіе, чтобы не было обратнаго протеканія воды; 2) быстро подниматься и садиться на сѣдла безъ удара, не защемляясь и не перекашиваясь, и 3) открывать достаточное отверстіе для прохода



воды. Бываютъ клапаны металлическіе, кожаные и резиновые. Для чистой воды лучшіе—металлическіе; для мутной же, илистой кожаные, но кожа не годится, когда температура воды выше  $30^{\circ}$  С. или если работа ведется съ перерывами, во время которыхъ кожа высыхаетъ и трескается. Резиновые клапаны пригодны при небольшомъ давленіи. Клапаны имѣютъ различную форму; наиболѣе распространены грибовый (фиг. 317), откидной или захлопный (фиг. 318) и

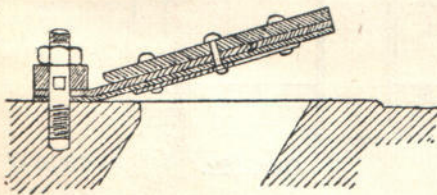


Фиг. 318.



Фиг. 319.

шаровой (фиг. 319). Простѣйшій изъ клапановъ захлопный (фиг. 320) изъ двухъ пластинокъ кожи, къ которымъ снизу и сверху приклепаны желѣзные кружки. Лучшій клапанъ—шаровой; садясь на сѣдло различными своими точками, онъ меньше избивается, не защемляется въ гнѣздѣ, не обвѣшивается иломъ, годится для очень грязныхъ жидкостей, но зато не допускаетъ ни ремонта, ни притирки.



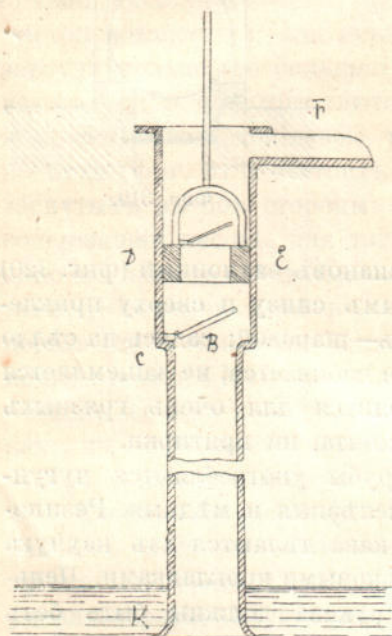
Фиг. 320.

Трубы употребляются чугуныя, желѣзныя и мѣдныя. Резиновые рукава дѣлаются изъ каучука съ пеньковыми прокладками. Пеньковые рукава должны быть безъ шва и внутри прорезинены. Если они назначены для всасывающихъ трубъ, то внутри ихъ должна быть проволоочная спираль, а снаружи они обтягиваются бечевкою.

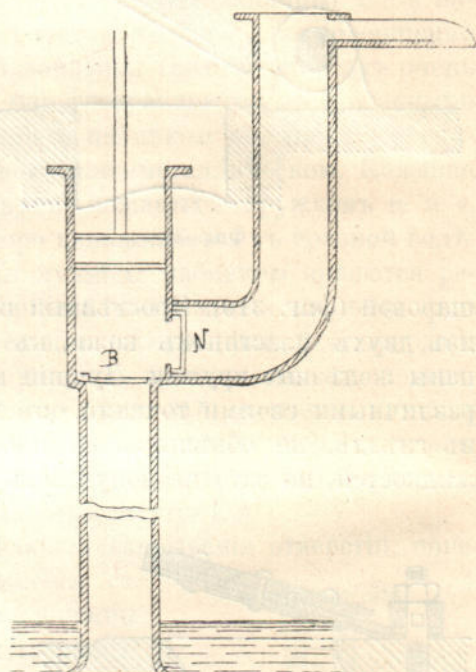
1) Всасывающій насосъ (фиг. 321) состоитъ изъ стакана съ всасывающей трубой *СК*, всасывающаго клапана *BC* и поршня *DE*, въ которомъ имѣется проходной клапанъ. Какъ всасывающій, такъ и проходной клапаны открываются вверхъ. При поднятіи поршня проходной клапанъ закрывается, подъ поршнемъ образуется свободное пространство и клапанъ *BC* открывается; тогда часть воздуха изъ всасывающей трубы переходитъ въ стаканъ, а на его мѣсто въ трубу вступаетъ вода изъ колодца. Обратнымъ движеніемъ поршня закрывается клапанъ *BC*, откроется клапанъ *DE* и воздухъ выйдетъ изъ цилиндра



наружу. Когда послѣ нѣсколькихъ качаній поршня изъ трубы удалится весь воздухъ, то при восходящемъ движеніи поршня въ цилиндръ станетъ входить вода, а при нисходящемъ она будетъ выливаться черезъ *F*. Усиліе рабочаго, поднимающаго поршень, равно вѣсу столба жидкости съ площадью, равную площади поршня, а высотой—равною высотѣ подъема воды (*H*), которая составляется изъ длины трубы и высоты стакана до точки самаго верхняго размаха поршня. Слѣдуетъ замѣтить кстати, что въ новыхъ насосахъ или въ тѣхъ, которые долго не употреблялись, часто вода не поднимается по всасывающей трубѣ; происходитъ это отъ высыханія набивки поршня и



Фиг. 321.



Фиг. 322.

отъ неплотнаго прилеганія клапановъ. Въ такомъ случаѣ надо налить воды въ стаканъ и во всасывающую трубу, а затѣмъ быстро качать поршень.

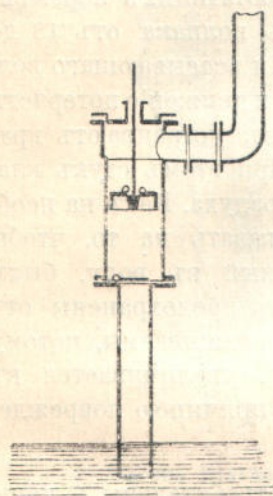
2) **Всасывающій и нагнетательный насосъ** (фиг. 322) состоитъ изъ стакана, всасывающей и подъемной трубы. При подъемѣ поршня открывается всасывающій клапанъ *B* и вода поднимается за поршнемъ; при опусканіи же поршня всасывающій клапанъ закрывается, а открывается нагнетательный *N* и вода входитъ въ подъемную трубу. Иногда устраиваютъ насосъ съ сквознымъ поршнемъ и проходными клапанами (фиг. 323). Дѣйствіе этого насоса отличается отъ предыдущаго тѣмъ, что при опусканіи поршня вода переливается снизу вверхъ, а при движеніи поршня вверхъ вода сверхъ поршня поднимается въ



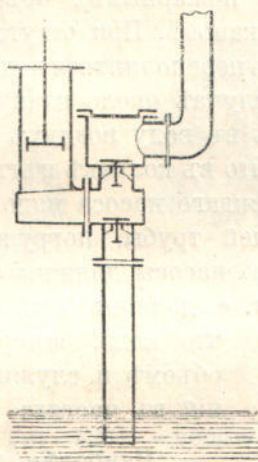
нагнетательную трубу, а внизу набирается новая партія воды. Рабочее усиліе равно вѣсу столба жидкости съ площадью, равною площади поршня, а высотой, равною суммѣ высотъ всасыванія и нагнетанія. Если высота подъема превосходитъ 5 саженъ, то примѣняется насосъ, схематически изображенный на фиг. 324.

Въ разсмотрѣнныхъ насосахъ вода движется въ трубахъ только при одномъ ходѣ поршня, во время же обратнаго хода движеніе воды останавливается. Это насосы простого дѣйствія; въ насосахъ же двойного дѣйствія вода не останавливается и оба хода поршня являются рабочими.

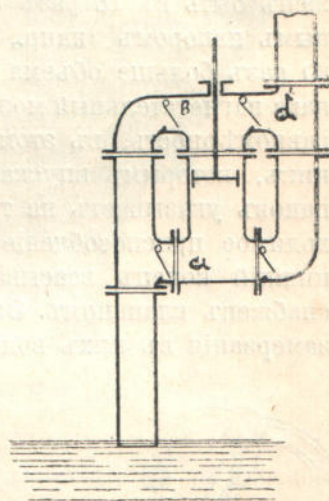
**Насосъ всасывающій и нагнетательный двойного дѣйствія** (фиг. 325) имѣетъ два всасывающихъ клапана (слева) и два нагнетательныхъ



Фиг. 323.



Фиг. 324.



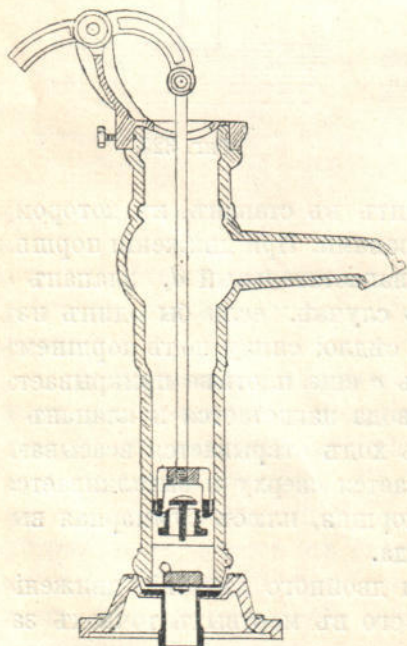
Фиг. 325.

(справа). Дисковый поршень насоса ходитъ въ стаканѣ, къ которому примыкаютъ отверстія съ четырьмя клапанами. При движеніи поршня вверхъ открывается всасывающій *a* и нагнетательный *d*, клапанъ *a* гарантируетъ работу насоса и въ томъ случаѣ, если бы одинъ изъ клапановъ сталъ не плотно садиться на сѣдло; снизу подѣ поршнемъ происходитъ всасываніе, отчего клапанъ *c* еще плотнѣе прикрываетъ свое гнѣздо, а сверху надъ поршнемъ вода нагнетается и клапанъ *b* прижимается къ гнѣзду; при обратномъ ходѣ открывается всасывающій *b* и нагнетательный *c*, вода всасывается сверху и выталкивается снизу. Рабочее усиліе равно площади поршня, плюсь суммарная высота всасыванія и нагнетанія въ оба хода.

Въ насосахъ какъ простого, такъ и двойного дѣйствія движеніе поршня всегда неравномѣрно; скорость его въ мертвыхъ точкахъ замедляется, а въ среднемъ положеніи увеличивается. Эта неравно-



мѣрность вызываетъ посадку клапановъ на сѣдла съ сильными ударами; клапанные коробки могутъ дать трещины, штокъ поршня можетъ погнуться, а вода отрывается отъ поршня. Для того, чтобы выравнять движеніе воды и ослабить толчки, употребляютъ воздушные колпаки, наполовину наполненные воздухомъ, который такимъ образомъ, благодаря упругости, исполняетъ роль рессоры. Ставятъ ихъ или на самомъ корпусѣ насоса или на нагнетательной трубѣ ближе къ клапанамъ. Воздушные колпаки вообще полезны, а при длинныхъ проводахъ, когда нагнетаніе больше 3 саж., они обязательны. Размѣры колпаковъ находятся въ прямой зависимости отъ величины напора; такъ, напр., при напорѣ въ 10 саж. объемъ колпака долженъ быть не менѣе четырехъ объемовъ стакана, при напорѣ же въ 100 саж. колпакъ долженъ быть въ 16 разъ больше. Въ насосахъ, работающих перемѣннымъ напоромъ (напр., въ пожарныхъ), объемъ колпака отъ 18 до 30 разъ больше объема стакановъ. При отсутствіи всасывающаго колпака нагнетательный можетъ переполниться водою и движеніе потеряетъ равномерность, въ этомъ случаѣ около клапановъ устраиваютъ краникъ, которымъ впускаютъ въ воду воздухъ. При этомъ стукъ клапановъ указываетъ на то, что въ колпакѣ нѣтъ воздуха. Какъ на необходимое приспособленіе cadaго насоса надо указать на то, чтобы нижній конецъ всасывающей трубы, погруженный въ воду, былъ снабженъ клапаномъ. Зимой насосы должны быть предохранены отъ замерзанія въ нихъ воды, т. е. должны быть опоражниваемы, потому что вода, замерзая, увеличивается въ объемъ и служитъ причиною поврежденій въ частяхъ.



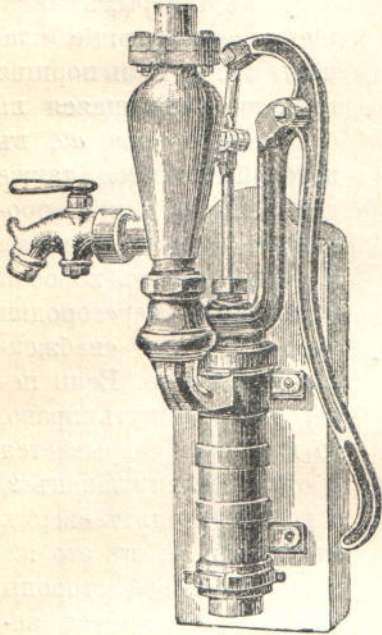
Фиг. 326.

Наиболѣе употребительны и чаще всего встрѣчаются слѣдующіе типы насосовъ:

1) Всасывающій колодезный насосъ (фиг. 326) состоитъ изъ чугунаго корпуса съ сквознымъ поршнемъ, имѣющимъ кожаную набивку и плоскій подъемный клапанъ. Стаканъ сверху открытъ и отверстіе это настолько широко, что свободно можно вынуть поршень для осмотра. Чтобы вынуть нижній всасывающій клапанъ, достаточно только отвинтить нижніе винты корпуса. Этотъ насосъ прикрѣпляется болтами къ крышкѣ колодца. Иногда къ нему приливаются проушины, посредствомъ которыхъ онъ прикрѣпляется къ столбу или стѣнѣ.

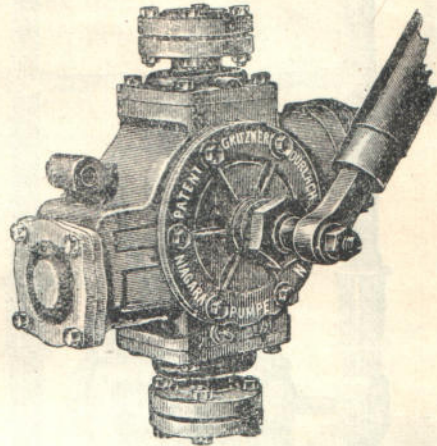


2) Очень сходенъ съ предыдущимъ и отличается только примѣненіемъ колпака тоже колодезный насосъ всасывающій и нагнетательный (фиг. 327). Этотъ чрезвычайно удобный и легкій въ работѣ насосъ дѣлается разныхъ діаметровъ. При колпакахъ этихъ насосовъ имѣется разборный кранъ. Въмѣсто коромысла подобные же насосы устраиваются съ маховиками.



Фиг. 327.

3) Насосы для абиссинскихъ (нортоновскихъ) колодезей (фиг. 127) совершенно одинаковы съ колодезными (фиг. 327).



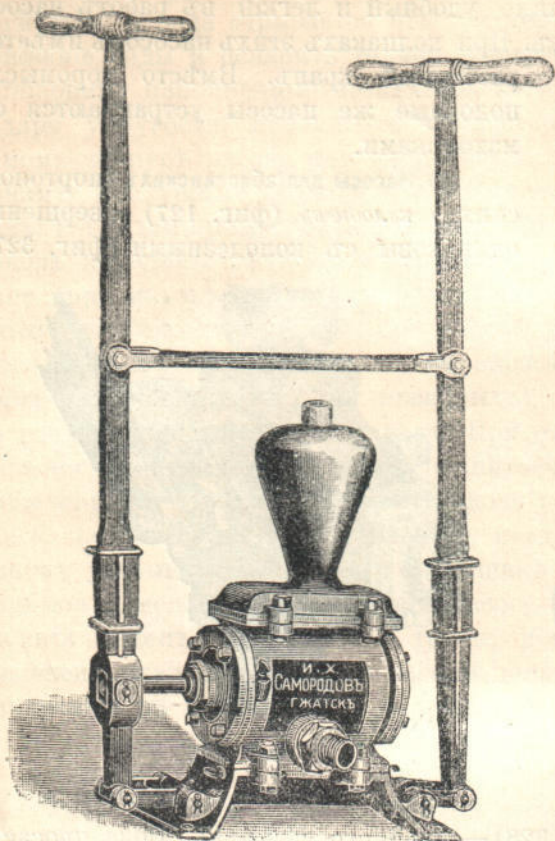
Фиг. 328.

4) Насосъ *Niagara* (фиг. 328) — двойного дѣйствія. Вода просасывается то между поршнями, то въ боковыя камеры, которыя сообщаются между собою каналами. Такъ какъ вода всасывается и нагнетается сразу двумя поршнями, то въ трубахъ получаютъ толчки и неравномѣрныя движенія и это составляетъ очень непріятный недостатокъ такихъ насосовъ. Поршни приводятся въ движеніе посредствомъ рукоятки, заклиненной на оси. Они довольно простой конструкции, и въ случаѣ изнашиванія ихъ легко уплотнить просаленнымъ шнуркомъ, пеньковой паковкой и пр. Производительность насоса до 2000 ведеръ въ часъ.

5) Американскій насосъ «Челенжъ» (или «Челенсъ») (фиг. 329) всасывающій и нагнетательный, двойного дѣйствія. Представляетъ собою горизонтальный цилиндръ съ поршнемъ отъ 4 до 6 дюйм. Штокъ поршня соединенъ съ вертикальнымъ рычагомъ для качательнаго движенія. Иногда устраиваютъ два рычага, соединенныхъ тягою. Достоинства насоса: малый вѣсъ, прочность конструкции и легкость въ работѣ. Подача въ часъ до 600 ведеръ. Благодаря устройству большого воздушнаго колпака, этотъ насосъ примѣняется и какъ пожарный.



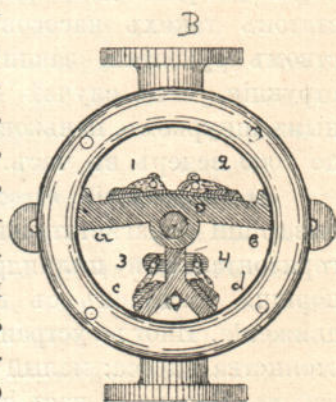
6) Крыльчатый насос Альвейлера всасывающий и подъемный, при чемъ ни цилиндра, ни поршня въ немъ нѣтъ. Корпусъ состоитъ изъ



Фиг. 329.

чугуннаго барабана съ двумя неподвижными перегородками *c* и *d* (фиг. 330), въ которыхъ помѣщены всасывающіе клапаны 3 и 4. Роль поршня играетъ качающаяся на оси перегородка *ab*, въ которой имѣются также два клапана 1 и 2 — проходные или подъемные. Черезъ *o* центръ коробки и середину перегородки проходитъ ось, снабженная рукояткою. Если перегородку качнуть вправо, то клапанъ 4 закрывается и открывается клапанъ 2, а вода проходитъ вверхъ къ трубѣ *B*; въ это же время съ лѣвой стороны клапанъ 1 остается закрытымъ, а открывается клапанъ 3 и вода проходитъ въ нижнюю часть подъ перегородку *a*. При качаніи влѣво происходитъ

обратное явленіе. Такимъ образомъ это насосъ двойного дѣйствія. Существуютъ крыльчатые насосы четверного дѣйствія, подающіе воду въ количествѣ въ четыре раза больше, нежели предыдущіе. Коробка (фиг. 331) раздѣлена крыльчатымъ поршнемъ и стѣнками на 4 части, поршень тоже раздѣленъ на двѣ части съ проходами въ діагональномъ направленіи; въ то время, когда поршень открываетъ всасывающій клапанъ одной половины и вода вступаетъ въ двѣ камеры, открывается нагнетательный клапанъ другой половины и вода выталкивается изъ двухъ камеръ. Крыльчатые насосы отличаются крайне незначительными размѣрами, простою конструкціей и доступностью къ клапанамъ,

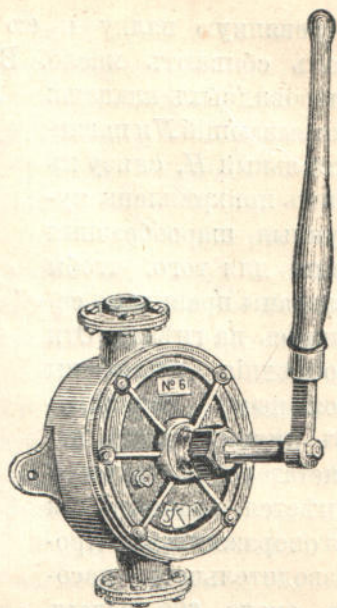


Фиг. 330.

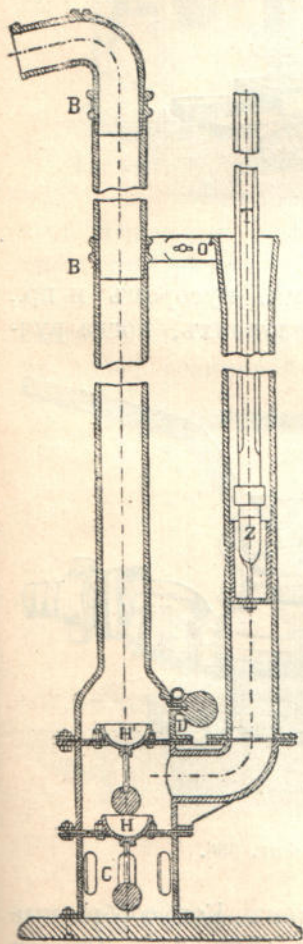


но зато приходятъ въ полную негодность при нечистой, сорной водѣ, такъ какъ перегородка стирается и исправить этого уже нельзя. Дѣлаются они различной величины съ диаметромъ трубъ отъ  $1\frac{1}{2}$  дюйма до 4 дюйм. Для успѣшности работы при нагнетаніи на большую высоту надо сверхъ коробки помѣстить воздушникъ (фиг. 332). Подача воды доходитъ (въ большихъ конечно насосахъ) до 1000 ведеръ въ часъ.

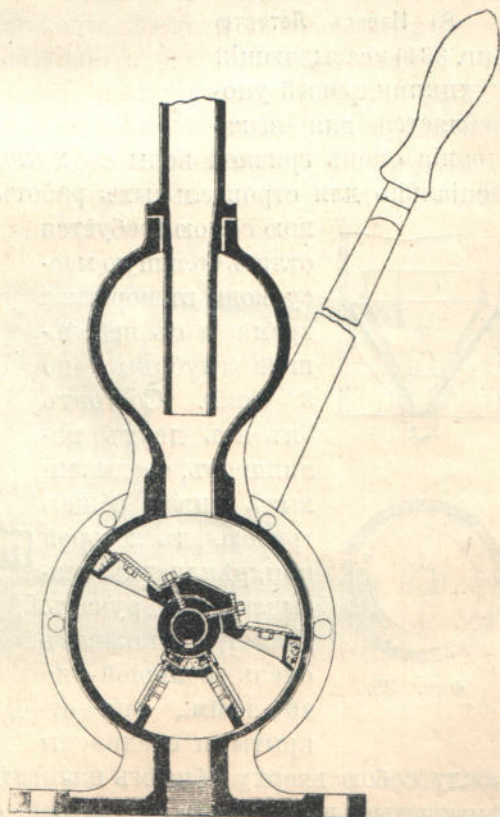
7) Насосъ Фаулера (фиг. 333)—подъемный для навозной жижи и вообще для густыхъ жидкостей. Нижнюю часть насосъ прикрѣпляется къ деревянной рамѣ и погружается въ жидкость. Въ чугунномъ открытомъ сверху стаканѣ движется поршень, штокъ котораго представляетъ изъ себя простую



Фиг. 331.



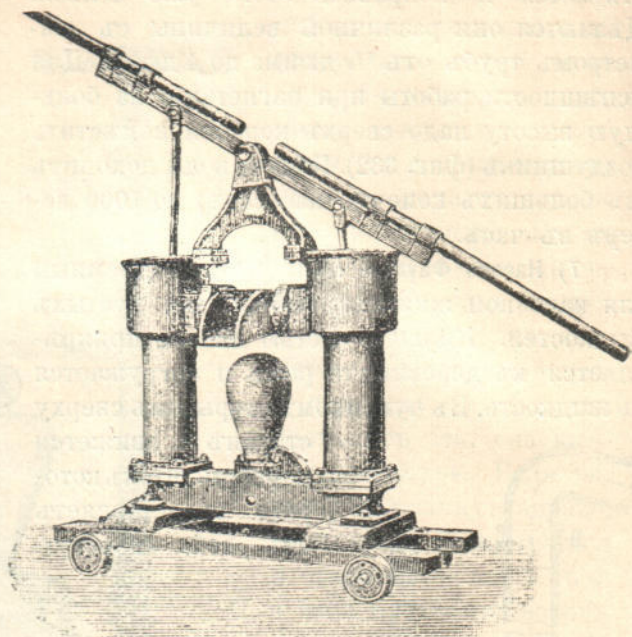
Фиг. 332.



Фиг. 333.

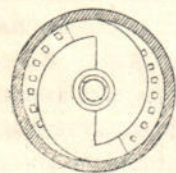
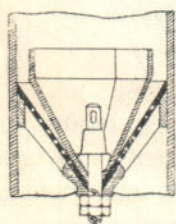


деревянную палку и ею двигаютъ вверхъ и внизъ наподобіе того, какъ сбиваютъ масло. Въ приѣмной коробкѣ помѣщены два шаровидныхъ клапана: всасывающій *Л* и нагнетательный *Н*, снизу къ нимъ прикрѣплены чугунныя шарообразныя гири для того, чтобы клапаны правильно садились на гнѣзда. Эти послѣднія выложены кожаными кольцами. Въ нижней части нагнетательной трубы *В* имѣется клапанъ для ея опоражниванія. Производительность насоса около 600 ведеръ въ часъ.



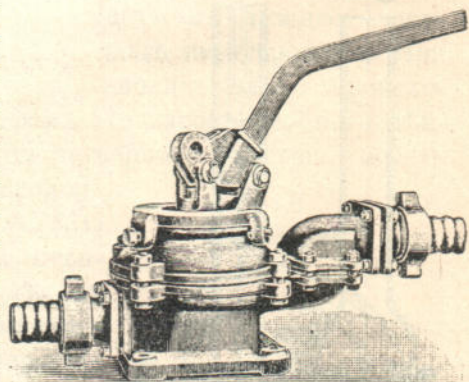
Фиг. 334.

8) Насосъ Летестю (фиг. 334) всасывающій двухцилиндровый употребляется для выкачиванія очень грязной воды съ муломъ, щепками, мусоромъ и пр., специально для строительныхъ работъ въ тѣхъ случаяхъ, когда руч-



Фиг. 335.

ною силою требуется отлить большую массу воды въ короткое время и съ небольшою глубиной (до 3 саж.). Состоитъ онъ изъ двухъ цилиндровъ, соединенныхъ внизу общемою трубою, къ которой прикрѣпляется всасывающій рукавъ. Діаметръ стакановъ очень большой—до 16 дюйм., они открыты и соединены

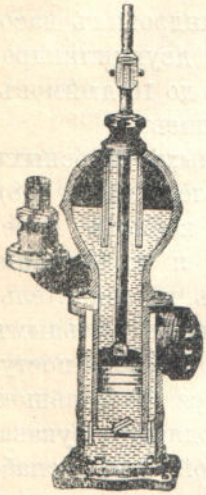


Фиг. 336.

между собою сверху общимъ изливающимъ лоткомъ. Конусообразные рѣшетчатые поршни съ крупными отверстиями (фиг. 335). Внутри поршней находятся клапаны, представляющіе изъ себя два кожаные

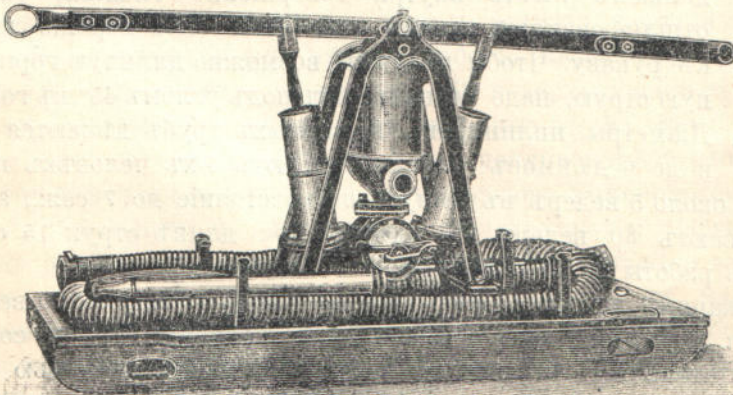


конуса, прикрѣпленные къ металлической части только въ центрѣ посредствомъ штанги. При подъемѣ кожаный клапанъ прижатъ къ конической поверхности, при опусканіи же кожа приподнимается. Въ нижней части стакановъ прикрѣплены всасывающіе обыкновенные захлопные клапаны. Штоки поршней соединены вверху коромысломъ. Производительность при 4 дм. — 800 ведеръ въ часъ, при 10 дм.—около 5000 ведеръ.



Фиг. 337.

9) Для перекачиванія ѣдкой зловонной и очень грязной жидкости примѣняется мембранный или діафрагмовый насосъ (фиг. 336), всасывающій и нагнетательный. Ни поршня, ни стакана въ немъ нѣтъ; состоитъ онъ изъ двухъ коробокъ, между которыми зажата резиновая мембрана. Дѣйствіемъ рычага мембрана прогибается вверхъ, клапанъ внизу открывается и жидкость присасывается въ коробку, вторымъ движеніемъ рычага мембрана опускается книзу, закрывается клапанъ и жидкость выталкивается въ нагнетательную трубу черезъ открывающійся верхній клапанъ. Отсутствие трущихся частей въ этомъ насосѣ вызываетъ малое изнашиваніе и легкій ходъ; доступъ къ клапанамъ весьма удобенъ. Дѣлаются почти всегда одного размѣра—на 3-хъ дюймовые рукава. Производительность около 1500 ведеръ въ часъ, при работѣ одного человѣка. Насосъ очень удобенъ для перевозки и по незначительности занимаемаго имъ мѣста. Недостатки его состоятъ въ хрупкости гнѣзда, въ которое вставляется рычагъ, а также въ портѣ резиновой діафрагмы во время морозовъ.



Фиг. 338.

10) Сифонный насосъ Дина (фиг. 337). Конструктивная особенность этого насоса та, что вода изъ цилиндра поступаетъ непосредственно въ воздушный колпакъ, откуда и нагнетается по трубѣ; поршневой штокъ



пропущенъ черезъ колпакъ и мѣдный сальникъ; насосный цилиндръ заключенъ въ кожухъ, въ которомъ всегда стоитъ вода, и такъ какъ всасывающее отверстіе помѣщено выше поршня, то насосъ дѣйствуетъ какъ сифонъ. Конструкція выдержана очень прочно: въ чугунномъ цилиндрѣ ходитъ мѣдный поршень съ кожаными манжетами, всасывающій клапанъ—захлопка также изъ кожи. Кромѣ одноцилиндровыхъ насосовъ строятся также очень сильные насосы „Дина“ и двухцилиндровые, у которыхъ ходъ поршня можетъ быть доведенъ до 10 дюймовъ. Примѣняются для очень глубокихъ (до 30 саж.) колодцевъ.

11) **Пожарная труба** состоитъ изъ двухъ вертикальныхъ насосныхъ цилиндровъ, соединенныхъ помощью тягъ съ коромысломъ (фиг. 338), которое поворачивается около центра и снабжено на концахъ поперечными качалками для попеременнаго опусканія и подниманія поршней. Такъ какъ пожарная труба должна подавать на значительное разстояніе непрерывную струю воды подъ сильнымъ напоромъ, то изъ двухъ насосныхъ цилиндровъ вода поступаетъ въ колоколь, а оттуда выбрасывается съ большою скоростью черезъ суженное отверстіе отводящаго рукава. Послѣдній для полученія длинной, цѣльной струи снабжается на концѣ мѣднымъ коническимъ мундштукомъ (брандспойтомъ). Рукавъ не слѣдуетъ брать излишне длиннымъ и діаметръ его долженъ приближаться къ 2 дюймамъ; діаметръ же выбрасывающаго отверстія мундштука долженъ быть около  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{10}$  діаметра насоснаго цилиндра. Нужно слѣдить, чтобы рукавъ имѣлъ вездѣ правильную цилиндрическую форму, безъ сжатій и неровностей, а брандспойтъ долженъ имѣть внутри совершенно гладкій, тщательно отшлифованный каналъ и долженъ быть хорошо пригнанъ къ рукаву. Чтобы получить возможно длинную горизонтальную струю, надо ее направить подъ угломъ  $45^\circ$  къ горизонту.

Фиг. 339. Діаметры цилиндровъ пожарныхъ трубъ дѣлаются отъ  $2\frac{1}{2}$  и до 6 дюймовъ; первая требуютъ 4-хъ человѣкъ и выбрасываютъ около 5 ведеръ въ минуту на разстояніе до 7 саж., а вторые выбрасываютъ 30 ведеръ въ минуту при длинѣ струи 15 саж., но требуютъ работы 20-ти человѣкъ.

Пожарный насосъ можетъ подавать воду и вверхъ по вертикалу до 7 саж. Для этого надо обыкновенную желѣзную трубу соединить съ нагнетательнымъ отверстіемъ пожарнаго насоса помощью гайки.

12) **Насосы для буровыхъ скважинъ.** Какъ бы низко ни стоялъ уровень воды въ скважинѣ и какъ бы ни малъ былъ ея діаметръ, насосъ приходится устанавливать такъ, чтобы поршень въ самой верхней точкѣ его размаха былъ ниже уровня воды въ скважинѣ. Насосъ состоитъ изъ висящаго въ скважинѣ мѣднаго рабочаго цилиндра (фиг. 339) діаметромъ въ  $3$ — $3\frac{1}{2}$  дюйма, къ которому снизу навинчи-





вается оцинкованная присасывающая труба *a* діаметромъ въ  $1\frac{1}{2}$  дюйма, оканчивающаяся дырчатымъ стаканомъ съ шаровымъ клапаномъ. Сверху цилиндра навинчивается также оцинкованная нагнетательная труба *b*, діаметромъ въ 2 дюйма, которою цилиндръ подвѣшивается наверху въ шахтѣ колодца. Внутри этой трубы движутся поршневые штанги *c*, проходящія наверху черезъ переходную коробку съ сальникомъ къ рабочему механизму. Штанги въ соединеніяхъ снабжаются роликами для того, чтобы во время работы онѣ не разбалтывались и не расшатывали насосныхъ трубъ. Такъ какъ рабочій механизмъ насоса помѣщается наверху и штанги иногда приходится дѣлать очень длинными, то сплошные штанги часто гнутся и ломаются, поэтому ихъ лучше дѣлать изъ толстостѣнныхъ оцинкованныхъ (снаружи) трубокъ діаметромъ до  $\frac{7}{8}$  д. съ длинными 4 д. муфтами. Поршень ставится сквозной съ клапанными манжетами, какъ въ насосѣ Летестю; за каждый подъемъ онъ толкаетъ воду, которая постепенно поднимается вверхъ. Рабочій цилиндръ имѣетъ длину большую, чѣмъ длина хода поршня, вслѣдствіе чего въ цилиндрѣ имѣется всегда нѣкоторый запасъ воды для каждаго перваго хода при возобновленіи работы послѣ остановокъ.

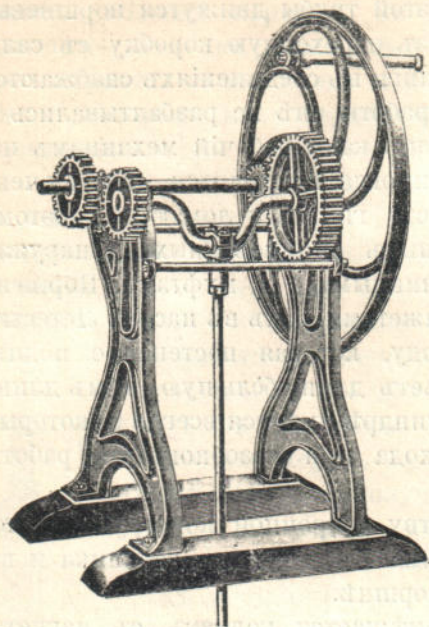
Такіе насосы просты по устройству и прочной конструкціи; починка ихъ сводится главнымъ образомъ къ подбивкѣ сальника и къ перемѣнѣ кожаныхъ манжетовъ на поршнѣ.

Наверху скважины въ шахтѣ помѣщается колпакъ съ нагнетательною трубою насоса. Въ предупрежденіе замерзанія въ трубѣ у переходной коробки дѣлается маленькое отверстіе, сквозь которое въ скважину выливается изъ трубы вода, когда насосъ не работаетъ; на лѣто эта дырочка забивается. Производительность насоса зависитъ отъ діаметра рабочаго цилиндра, длины размаха поршня и числа качаній. Въ среднемъ, при ручной работѣ, насосъ съ діаметромъ цилиндра въ  $2\frac{1}{2}$  д. даетъ около 120—150 ведеръ въ часъ съ глубины до 20 саж. и около 80—100 вед. съ глубины въ 25 саж.; при діаметрѣ же въ 3 д. и съ глубины въ 5 саж. получается 300—400 ведеръ.

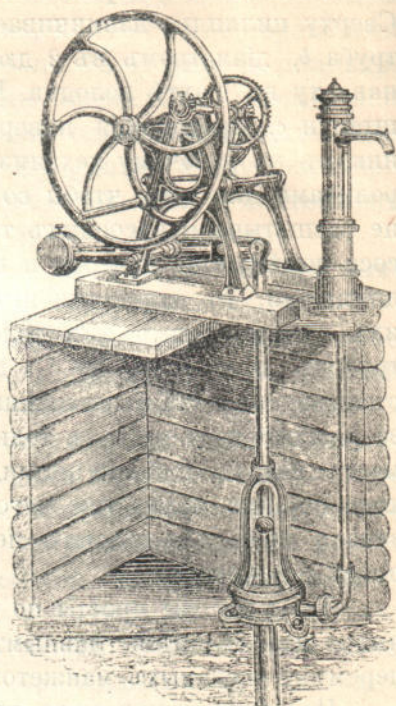
Рабочій механизмъ артезіанскихъ насосовъ выполняется въ видѣ рычаговъ и лебедокъ съ зубчатками и маховиками. Чѣмъ глубже скважина и чѣмъ она больше по количеству поднимаемой воды, тѣмъ сложнѣе подъемный механизмъ. Для неглубокихъ съ малою производительностью скважинъ лучшею системою ручного рабочаго механизма является качалка въ видѣ рычага съ противовѣсомъ (см. фиг. 137) на длинномъ плечѣ. Этотъ противовѣсъ укрѣпляется съ цѣлью избѣжать ударовъ при обратномъ ходѣ поршня. Главное преимущество качалки заключается въ удобствѣ примѣненія къ ней разнообразныхъ усилій; на ней взрослый человѣкъ работаетъ полными размахами, но меньшимъ количествомъ ходовъ, подростокъ—мелкими, но частыми ходами.



Въ томъ случаѣ, когда для приведенія въ дѣйствіе насоса требуется не одинъ — два, а большее число рабочихъ, примѣняются лебедки съ зубчатой передачей (фиг. 340). Болѣе сильная качалка

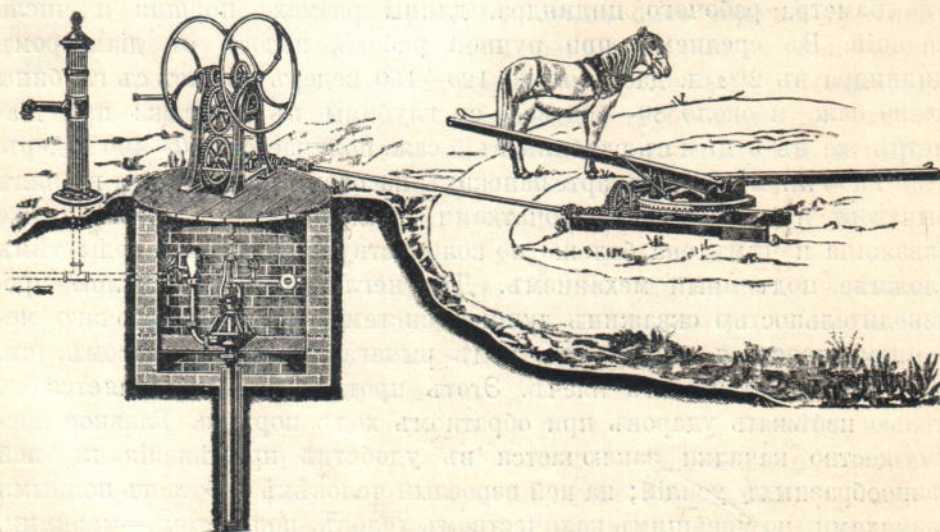


Фиг. 340.



Фиг. 341.

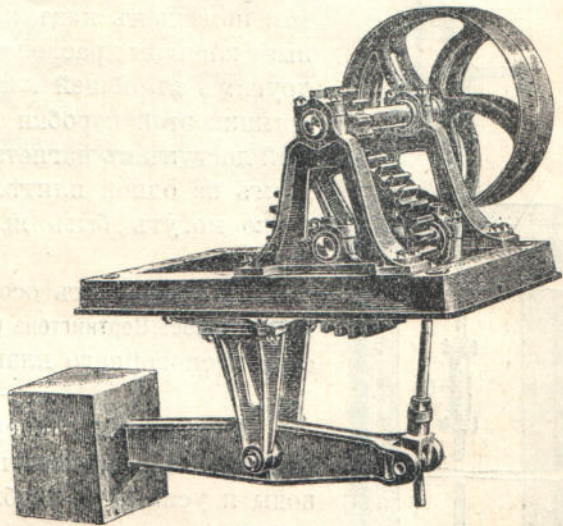
имѣть контръ-балансъ (фиг. 341). Когда для работы насоса требуется примѣненіе коннаго привода, то весьма подходящимъ въ этомъ случаѣ является устройство, изображенное на фиг. 342. Насосъ снаб-



Фиг. 342.



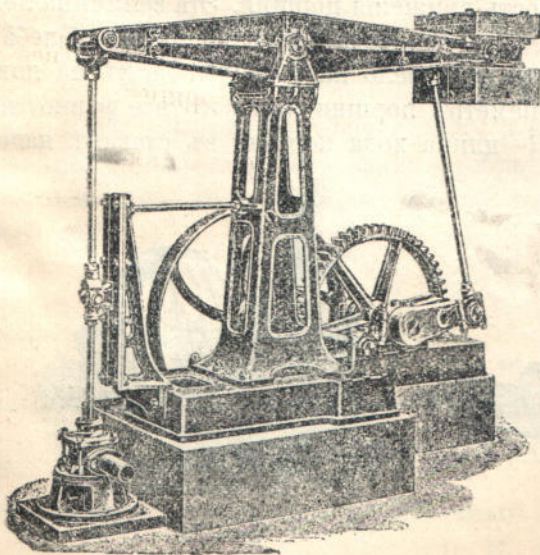
жается приводомъ съ шестерней и маховиками, такъ устроенными, что при конной тягѣ получается полная производительность насоса (напр., при нагнетаніи воды въ резервуаръ подземными трубами), въ ручную же (напр., для раздачи воды изъ колонки ведрами)—эффектъ дѣйствія меньшій. Приводный механизмъ насоса, дѣйствующаго посредствомъ механическаго (напр., нефтяного) двигателя, состоитъ изъ зубчатой передачи 1:3 (фиг. 343) и шкива для ремня. Контръ-балансъ прикрѣпленъ къ шатуну, соединяющемуся съ поршневою штангою, чѣмъ уничтожаются толчки и достигается равномерность работы машины. Наконецъ, для насосовъ очень большой производительности (болѣе 1500 вед. въ часъ) примѣняется приводная насосная лебедка съ коромысломъ и большимъ (до 24 дюйм.) ходомъ поршня (фиг. 344).



Фиг. 343.

13) Въ насосахъ для обыкновенныхъ, но глубокихъ колодезѣй до 5 саж. (фиг. 345) рабочій цилиндръ с помѣщаютъ надъ поверхно-

стью воды не дальше 3 саж. Нагнетательная труба оканчивается въ тумбѣ. Производительность насоса съ діаметромъ цилиндра въ  $2\frac{1}{2}$ "—60 ведеръ въ часъ; съ діаметромъ въ 3 дюйма—120 ведеръ.

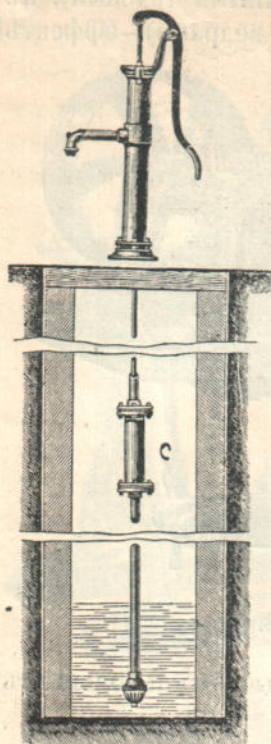


Фиг. 344.

Приводные насосы строятся крайне разнообразной конструкціи. Хорошимъ типомъ являются Калифорнскіе насосы (фиг. 346), всасывающіе и нагнетательные, есть ручные (фиг. 347) двойного дѣйствія. Они отличаются простотою и прочностью



своего устройства, но дороже другихъ. Съ внѣшней стороны легко узнаются по горизонтальности цилиндра, компактности формы, прочности деталей и двумъ воздушникамъ, изъ которыхъ нагнетательный (типичной грушевидной формы) помѣщенъ надъ клапанной коробкой. Захлопные клапаны расположены попарно одинъ надъ другимъ въ общей клапанной коробкѣ. По снятіи крышки этой коробки получается вполне свободный доступъ къ нагнетательнымъ клапанамъ, сидящимъ на одной плитѣ, по удаленіи же послѣдней легко могутъ быть вынуты и всасывающіе клапаны.

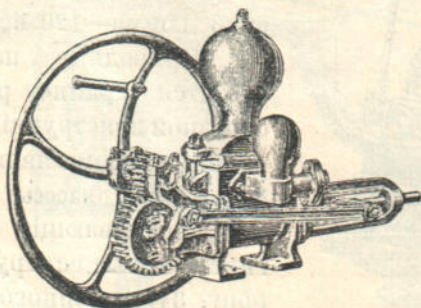


Фиг. 345.

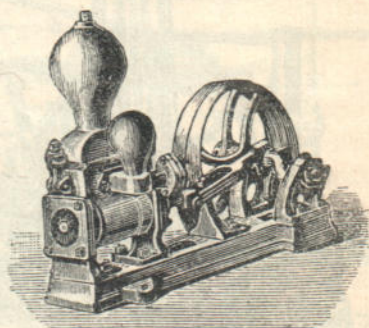
Изъ паровыхъ особеннаго вниманія заслуживаетъ насосъ Вортингтона (фиг. 348) простого устройства и спокойнаго плавнаго хода <sup>1)</sup>.

Разсмотримъ теперь зависимость между размѣрами насоса, количествомъ поднимаемой имъ воды и усиліемъ, необходимымъ для выполненія работы.

При двойномъ размахѣ поршня, т. е. при движеніи одинъ разъ вверхъ и одинъ разъ внизъ, въ нагнетательную трубу поступитъ количество воды, равное объему стакана, т. е. площади его сѣченія на длину хода поршня. Для опредѣленія объема воды, притекающей въ единицу времени, въ секунду, надо знать скорость движенія поршня. Эта величина легко можетъ быть опредѣлена, если сосчитать число двойныхъ колебаній поршня въ минуту, раздѣлить это число на 60 и умножить на длину хода поршня. Пусть  $D$  — діаметръ поршня или (что все равно) внутренній діаметръ насоса;  $l$  — длина хода поршня въ стаканѣ насоса,



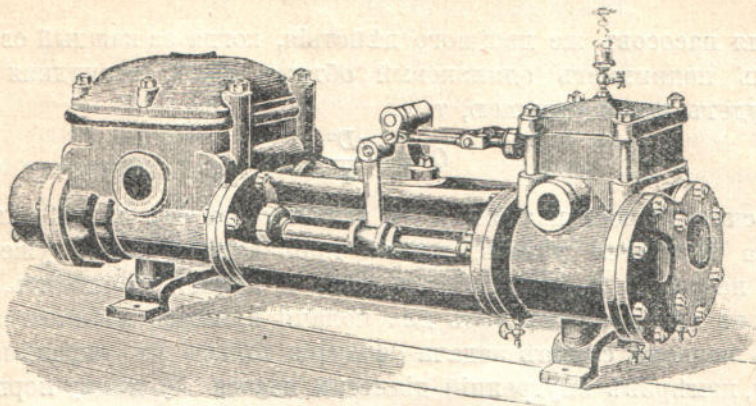
Фиг. 346.



Фиг. 347.

<sup>1)</sup> Описаніе паровыхъ насосовъ выходитъ за рамки настоящаго курса.





Фиг. 348.

$n$ —число двойныхъ колебаній въ минуту; тогда теоретическій объемъ воды, поднимаемой насосомъ простаго дѣйствія, въ минуту будетъ:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} l n,$$

а въ секунду:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} l \frac{n}{60}.$$

Но дѣйствительный объемъ воды, поднимаемой насосомъ, всегда меньше теоретическаго, потому что часть воды утекаетъ черезъ отверстіе всасывающихъ клапановъ, которые при опусканіи поршня не закрываются мгновенно. Коэффициентъ потери  $f$  принимается въ 0,8, и тогда дѣйствительный объемъ воды, подаваемой насосами въ секунду получить такое выраженіе:

$$Q = f \frac{\pi D^2}{4} l \frac{n}{60} \dots \dots \dots (1)$$

Путь поршня при ходѣ вверхъ и внизъ равенъ  $2l$ , если же число двойныхъ колебаній въ минуту будетъ  $n$ , то въ это время (въ минуту) поршень пройдетъ  $2ln$ , а въ секунду путь поршня или скорость его  $V$  будетъ:

$$V = \frac{2nl}{60}$$

или

$$\frac{V}{2} = \frac{ln}{60},$$

подставляя въ выраженіи объема  $W$  вмѣсто  $\frac{ln}{60}$ , получимъ формулу секунднаго расхода насоса одиночнаго дѣйствія:

$$Q = f \frac{\pi D^2}{4} \frac{V}{2} = \frac{\pi D^2 V}{8} \dots \dots \dots (2)$$



Для насосовъ же двойного дѣйствія, когда за каждый свой ходъ поршень поднимаетъ одинаковый объемъ воды, секундная подача воды будетъ вдвое большею, т. е.

$$Q = f \frac{\pi D^2}{4} V \dots \dots \dots (3)$$

Расчетъ насоса находится въ зависимости отъ двухъ вопросовъ: 1—когда требуется узнать, какова производительность уже имѣющагося насоса, и 2—когда насоса нѣтъ и нужно опредѣлить, какихъ размѣровъ онъ долженъ быть для подачи нужнаго количества воды.

Въ первомъ случаѣ задача сводится только къ опредѣленію  $Q$ , поэтому, измѣривъ внутренній діаметръ насоса ( $D$ ), длину поршневого хода ( $l$ ) и сосчитавъ число двойныхъ его размаховъ въ минуту ( $n$ ), вычисляютъ  $Q$  по формулѣ (1). Для второго случая, когда данъ секундный объемъ воды  $Q$ , но ни длина хода, ни діаметръ неизвѣстны, когда требуется выбрать типъ насоса и его размѣры, пользуются формулою (2) (или для насоса двойного дѣйствія формулою (3)). Прежде всего подсчитывается діаметръ  $D$ . Изъ формулы (2)

$$D = \sqrt[3]{\frac{24Q}{f\pi V}}$$

или принявъ  $f=0,8$  и сдѣлавъ подстановку, получимъ примѣрно

$$D = 2 \sqrt[3]{\frac{Q}{V}}$$

Скоростью движенія поршня  $V$  надо задаться; она не должна быть меньше той скорости, съ которою подъ поршень присасывается вода, потому что, если бы поршень ходилъ быстрѣе притока воды, то при подъемѣ поршня вода оторвалась бы отъ него, а при обратномъ движеніи произошелъ бы ударъ и вредныя сотрясенія. Обыкновенно за среднюю скорость поршня  $V$  принимаютъ  $\frac{2}{3}$  фута для ручныхъ и до 3 футовъ для приводныхъ. Діаметръ же ручныхъ насосовъ дѣлается отъ 2 до 5 дюймовъ, очень рѣдко 6 дюймовъ, а 16 дюймовъ (въ насосѣ Летестю)—исключеніе. Что касается длины хода  $l$ , то обыкновенно  $l$  всегда дѣлается больше  $2D$ , а число качаній однимъ человекомъ принято считать около 40 въ минуту. Діаметръ трубъ выбирается съ такимъ расчетомъ, чтобы скорость воды въ нихъ не превышала 3 футовъ. Высота подъема воды при выборѣ типа насоса значенія не имѣетъ; она необходима для опредѣленія величины дѣйствующей силы двигателя, т. е. величины работы, нужной для подъема воды.

Если общая высота поднятія  $H=h_1+h_2$  ( $h_1$ —высота присасыванія,  $h_2$ —высота нагнетанія), то работа, которая должна быть затрачена на подачу на эту высоту нѣкотораго объема воды  $Q$ , теоретически будетъ

$$N_1 = \frac{YQH}{15} \text{ въ пудофутахъ } \dots \dots \dots (4)$$



Въ дѣйствительности же работа  $N$  должна быть больше теоретической, такъ какъ, кромѣ усилія, затрачиваемаго на поднятіе и опусканіе поршня, часть работы приходится употребить на преодоленіе вредныхъ сопротивленій въ видѣ тренія въ трубахъ, толчковъ при изгибахъ и пр. Отношеніе  $N_1 : N = Z$  или коэффициентъ полезнаго дѣйствія принимается для обыкновенныхъ насосовъ въ 0,7. Такъ что дѣйствительная работа для дѣйствія насоса должна быть

$$N = \frac{N_1}{Z}$$

или, подставивъ вмѣсто  $N_1$  его величину (4), имѣемъ

$$N = \frac{YQH}{Z \cdot 15} \dots \dots \dots (5)$$

а взявъ  $Y = 1,73$  пуда (вѣсъ одного кубич. фута воды) и принявъ  $Z = 0,70$ , имѣемъ величину работъ на насосѣ

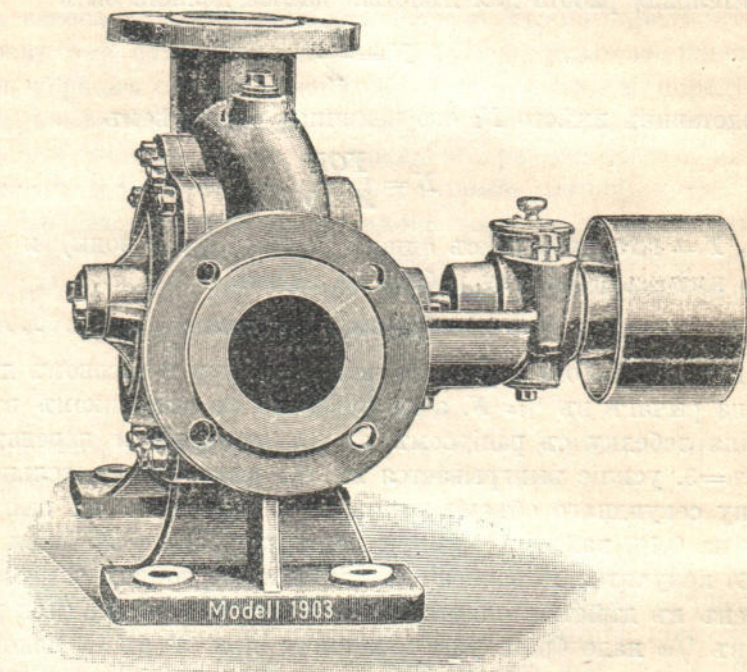
$$N = 0,16 QH \text{ въ пудофутахъ } \dots \dots \dots (6)$$

Секундная работа взрослого человѣка (при 8-часовомъ днѣ) считается на рычагѣ въ  $\frac{1}{15} N$ , а на рукояткѣ съ маховикомъ въ  $\frac{1}{10} N$ . Примѣняя лебедку съ радіусомъ въ 15 дюймовъ и передаточнымъ числомъ = 3, усиліе выигрывается въ  $1\frac{1}{2}$  раза. Слѣдовательно, взявъ величину секунднаго объема цилиндра и умноживъ на высоту поднятія и на 0,16, найдемъ нужную величину работы  $N$ ; если по формулѣ (6) получится  $N$  равное  $\frac{1}{15}$  или меньше, то насосъ можетъ быть приведенъ въ дѣйствіе однимъ человѣкомъ на качалкѣ (или рычагѣ); при  $N$  въ  $\frac{1}{10}$  надо брать уже маховикъ; при  $N$  въ  $\frac{1}{6}$  надо ставить двухъ человѣкъ; при  $N$ , въ  $\frac{3}{10}$  требуется два человѣка и лебедка; когда же число людей по расчету окажется большимъ, то надо ставить къ насосу конный приводъ, а если  $N$  будетъ большимъ  $\frac{1}{2}$ , то потребуются уже механическій двигатель.

Изъ предыдущихъ расчетовъ легко прійти къ слѣдующимъ выводамъ. Одна паровая сила поднимаетъ въ секунду 15 пудовъ на высоту 1 фута, это составляетъ 20 ведеръ воды, слѣдовательно рабочій на рычагѣ, поднимающій  $\frac{1}{15}$  этого количества, поднимаетъ въ минуту 80 ведеръ, а на рукояткѣ маховика 120 ведеръ. Если бы эти 120 ведеръ надо было поднять не на 1 футъ, а, напримѣръ, на 40, то рабочій въ минуту поднялъ бы только 3 ведра. Или, напримѣръ, если бы нужно было въ минуту подать 10 ведеръ на высоту 48 футовъ, то для этого потребовалось бы рабочихъ  $10 \times 48 = 480$ ;  $480 : 120 = 4$  человѣка. Чѣмъ продолжительнѣе работа, тѣмъ она менѣе производительна, а, наприм., на пожарѣ усиліе рабочаго можетъ быть доведено до 4 и болѣе разъ противъ обыкновеннаго. Слѣдуетъ замѣтить, что при выборѣ діаметра ручнаго насоса самый ходовой 3 дюйма; діаметръ болѣе уже является труднымъ для работы.



Площадь клапановъ дѣлается въ  $\frac{1}{2}$  и не меньше  $\frac{1}{4}$  площади поршня. Диаметръ всасывающихъ трубъ берется въ  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  диаметра поршня. Диаметръ нагнетательныхъ трубъ можетъ быть взятъ на  $\frac{1}{4}$  дюйма меньше (при скорости  $V$  въ 4 фута), но лучше ихъ ставить диаметромъ не менѣе всасывающихъ, тогда насосъ работаетъ и правильнѣе, и легче.



Фиг. 349.

### Центробѣжные насосы.

Для подъема большого количества воды въ короткій промежутокъ времени и на сравнительно небольшую высоту примѣняются приводные центробѣжные насосы (фиг. 349). На горизонтальномъ желѣзномъ валу насажено крыльчатое колесо  $CD$  (фи. 350), помѣщающееся внутри чугунной коробки или кожуха. Въ этотъ кожухъ проведена труба изъ водоема, и изъ него же выходитъ нагнетательная труба  $H$ . Валъ лежитъ въ подшипникахъ на двухъ стойкахъ, между которыми находится шкивъ для ременной передачи, иногда же (фиг. 349) этотъ шкивъ лежитъ за стойкой на концѣ вала.

Если кожухъ наполнить водою и затѣмъ привести валъ въ быстрое вращательное движеніе, то вода будетъ отбрасываться лопатками колеса къ стѣнкамъ кожуха, а затѣмъ, вслѣдствіе пріобрѣтенной живой силы, будетъ подниматься по нагнетательной трубѣ,



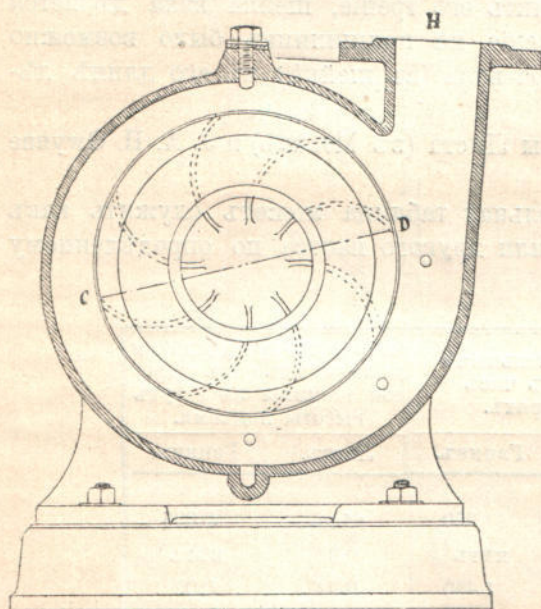
тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ больше центробѣжная сила, чѣмъ, слѣдовательно, быстрѣе вращается крыльчатое колесо. Въ это же время близь оси колеса уменьшается давленіе воздуха, вслѣдствіе чего будетъ происходить присасываніе воды по подъемной трубѣ.

Въ сущности центробѣжный насосъ есть обращенная турбина: если турбинное колесо начать вращать въ обратную сторону, то оно станетъ поднимать воду. Когда насосъ еще полонъ воздуха, то дѣйствуетъ какъ вентиляторъ и производимое имъ разрѣженіе воздуха способно поднять воду лишь на небольшую высоту.

Центробѣжный насосъ хорошо поднимаетъ воду до 7 саж., но по большей части эти насосы устанавливають на подъемъ отъ 3 до 6 саж., при этомъ высота всасыванія не должна превосходить  $2\frac{1}{2}$  саж.

Всасывающая труба подводится къ кожуху или съ одной стороны, или (что лучше) съ двухъ и оканчивается около оси, чтобы всасываемая вода направлялась къ центру колеса.

Въ насосахъ прежняго устройства дѣлались плоскія лопатки, которыя шли по радіусамъ; теперь такихъ насосовъ не дѣлаютъ, такъ какъ это сильно понижаетъ производительность. Такъ, коэффициентъ полезнаго дѣйствія прежнихъ насосовъ былъ всего 0,32; тогда какъ теперь онъ доведенъ до 0,60 и 0,70. Современные насосы имѣютъ металлическое колесо съ криволинейными крыльями, числомъ отъ 6 до 12.



Фиг. 350.

Крыльямъ придается форма, тщательно опредѣленная опытомъ и вычислениями, чтобы вода отдѣлялась отъ окружности колеса по направлению, близкому къ касательной ( $27-30^\circ$ ), и не ударялась прямо о стѣнки кожуха.

Наверху кожуха дѣлается отверстіе съ краномъ для наполненія насоса водою передъ началомъ его работы и для выпускающагося въ кожухѣ воздуха. Въ хорошихъ насосахъ кожухъ изготовляется изъ одного куска и только къ нему привинчиваются боковыя крышки. Снявъ болты, отодвинувъ крышку по оси, можно осмотрѣть крыльчатое колесо. Это устройство позволяетъ сдѣлать осмотръ крыльевъ, не отдѣляя всасывающей трубы. Для правильно-



сти работы необходимо, чтобы наружный воздухъ не могъ проникать ни во всасывающую трубу, ни въ насосъ, поэтому необходимо позаботиться о полной герметичности въ соединеніи частей. Въ нижней части всасывающей трубы помѣщается приѣмный клапанъ, а труба должна имѣть къ насосу одинъ подъемъ безъ изгибовъ, въ которыхъ могъ бы задерживаться поднимающійся съ водою воздухъ. Насосы приводятся въ движеніе паровыми машинами, керосиновыми двигателями и турбинами, вообще такими двигателями, которые сообщаютъ равномерное движеніе, поэтому ни конные приводы, ни вѣтряные двигатели для этой цѣли не годятся. Передача совершается посредствомъ ремней. Число оборотовъ насоса доходитъ до 2000 въ минуту. Правильность хода зависитъ отъ вѣрности установокъ его точекъ опоры; подшипники снабжаются винтами для ихъ передвиженія при вывѣркѣ вала, а чтобы уменьшить его треніе, шейка вала дѣлается такихъ размѣровъ, чтобы давленіе на подшипникъ было возможно меньшимъ и отношеніе діаметра вала (въ шейкѣ) къ его длинѣ дѣлается какъ 1 : 4 и 1 : 6.

Лучшими являются насосы Листа (въ Москвѣ) и J. A. H. Gwynne (въ Лондонѣ).

Нижеслѣдующая сравнительная таблица можетъ служить какъ руководство при выборѣ того или другого насоса по опредѣленному діаметру:

Діаметръ всасываю- щей трубы въ дюймахъ.	Производительность насоса въ часъ въ ведрахъ.		Количество требующихся лошадиныхъ силъ паро- вой машины на 1 футъ высоты подъема.	
	Листъ.	Гвиннъ.	Листъ.	Гвиннъ.
1	нѣтъ	350	нѣтъ	0,006
1½	720	нѣтъ	0,02	нѣтъ
2	1.440	1.450	0,04	0,02
3	2.880	3.330	0,08	0,05
4	5.700	5.500	0,16	0,08
5	8.400	9.400	0,2	0,14
6	13.800	13.800	0,3	0,22
7	18.900	18.900	0,43	0,30
8	24.000	24.000	0,57	0,34
9	—	30.500	—	0,41
10	39.000	42.100	0,87	0,64
12	54.000	55.500	1,25	0,88

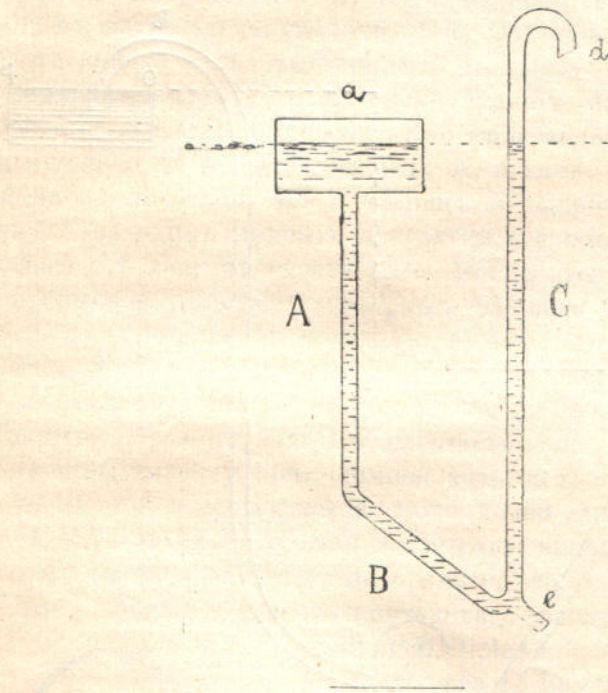
Насосы Гвинна по производительности выше, требуютъ меньше силы для работы, но дороже Листовскихъ. Зная высоту подъема и количество воды, которую нужно поднять, по таблицѣ выбирается



нужный насосъ и та механическая сила двигателя, которая способна развить въ насосѣ его производительность.

Главное назначеніе центробѣжныхъ насосовъ—поднятіе большого количества воды въ короткій промежутокъ времени на небольшую высоту; именно до 4 саж. Достоинства этихъ насосовъ: равномерность хода, быстрота, простота устройства, небольшой объемъ, отсутствіе легко изнашивающихся частей, напр., клапановъ. Затѣмъ, также эти насосы можно примѣнять безъ боязни засоренія и въ грязноватой водѣ—съ пескомъ и иломъ.

Для оросительныхъ цѣлей наиболѣе подходящимъ считается 10—12 дюймовый насосъ, поднимающій воду до 4 саж.



**Гидравлическій таранъ.**

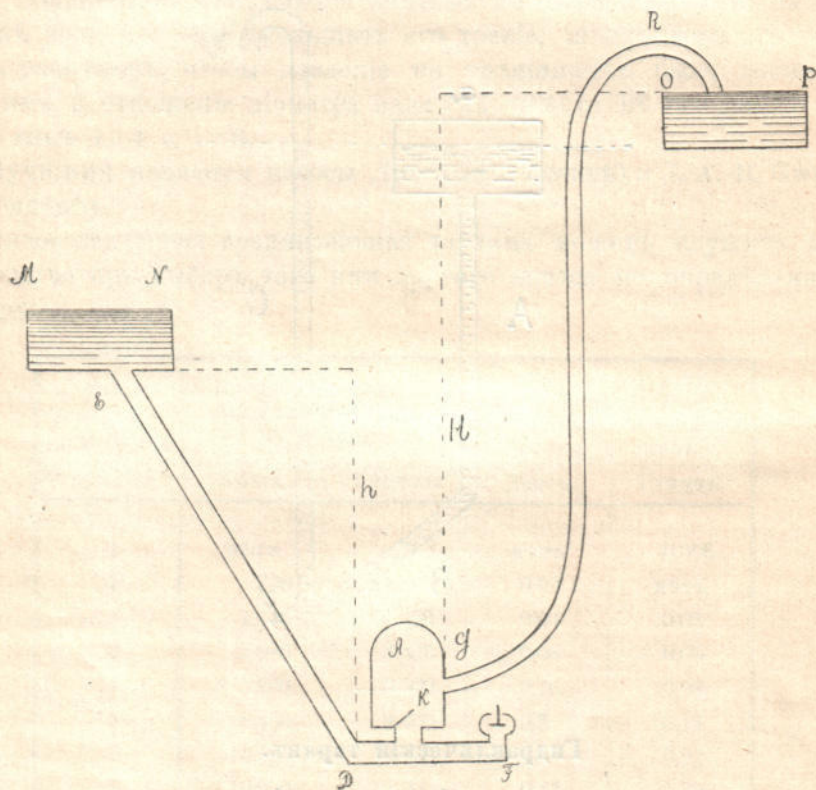
Одинъ изъ дешевыхъ способовъ поднятія воды осуществляется посредствомъ чрезвычайно остроумнаго аппарата, изобрѣтеннаго Монгольфьеромъ въ концѣ XVIII вѣка и называемаго гидравлическимъ тараномъ. Идея тарана вытекаетъ изъ слѣдующаго.

Пусть *ABC* (фиг. 351) стеклянная трубка съ параллельными между собою колѣнами *A* и *C*. На колѣнѣ *A* имѣется резервуаръ, а въ наклонной части *B*, въ точкѣ *e* сдѣлано отверстіе. Закрывъ это отверстіе и наполнивъ резервуаръ водою, мы, на основаніи закона сообщающихся сосудовъ получимъ на обоихъ концахъ *A* и *C* одинъ уровень.



Если же открыть отверстіе *e*, то равновѣсіе нарушится, вода будетъ выливаться и уровень ея въ части *C* понизится. Если теперь сразу и быстро закрыть отверстіе *e*, то вода въ колѣнѣ *C* моментально поднимется и вынесется черезъ открытый конецъ *d*. Такъ будетъ происходить до тѣхъ поръ, пока въ резервуарѣ *a* будетъ вода. Внезапный толчокъ воды, происходящій при закрываніи отверстія, называется тараннымъ ударомъ.

Основываясь на этомъ явленіи Монгольфьеръ изобрѣлъ гидравлическій подъемникъ-таранъ, который такимъ образомъ работаетъ силою паденія воды и поднимаетъ часть ея на высоту, въ нѣсколько  $Ra^{\frac{3}{2}}$  большую, чѣмъ высота паденія.



Фиг. 352.

Пусть *MN* (фиг. 352) бассейнъ, изъ котораго воду желательно передать въ другой бассейнъ *OP*. Проведемъ изъ бассейна *MN* питательную трубу *ED* и соединимъ ее съ горизонтальною камерою *DF*, въ концѣ которой отверстіе *F* закрывается захлопкою, такъ называемаго стопорнаго клапана снизу вверхъ. Та же камера *DF* сообщается съ воздушнымъ колоколомъ *A* посредствомъ клапана *K*, закрывающагося сверху внизъ. Изъ колокола же *A* выходитъ и нагнетательная труба *GR*. Такъ какъ приборъ помѣщается ниже бассейна *MN*, то вода изъ



послѣдняго будетъ течь по трубѣ  $ED$  въ камеру  $DF$  и къ отверстию  $F$ . Здѣсь часть воды выльется, а затѣмъ захлопка стопорнаго клапана поднимется и закроетъ собою отверстие  $F$ ; въ этотъ моментъ и произойдетъ таранный ударъ. Живая сила протекавшей воды направляется въ сторону наименьшаго сопротивленія—таковымъ является подъемный клапанъ  $K$  и, открывъ его, вода войдетъ подъ колоколъ  $A$ . Какъ только давленіе въ колоколѣ и въ питательной трубѣ уравновѣсится, клапанъ  $K$  закроется и вода успокоится. Если теперь ударить по захлопкѣ стопорнаго клапана, то она опустится, открывъ отверстие  $F$ ; вода снова придетъ въ движеніе, снова поднимется захлопка  $F$ , обратный таранный ударъ откроетъ клапанъ  $K$  и опять вода войдетъ въ колоколъ  $A$ , а часть воды выжмется воздухомъ колокола въ нагнетательную трубу  $GK$ . Повторяя это опусканіе захлопки нѣсколько разъ, мы вгонимъ въ трубу  $GR$  воду на такую высоту, когда давленіе въ колоколѣ станетъ настолько сильнымъ, что обратный таранный ударъ всю свою энергію долженъ будетъ израсходовать только на поднятіе клапана  $K$ , а какъ только живая сила водной массы израсходуется и клапанъ  $K$  закроется, то давленіе на захлопку  $F$  на одинъ моментъ прекратится и послѣдняя упадетъ уже сама собою отъ тяжести своего вѣса. Послѣ этого таранъ приходитъ въ непрерывное дѣйствіе: стопорный клапанъ работаетъ самостоятельно, вода вгоняется въ колоколъ, а изъ него по нагнетательной трубѣ въ водоемъ  $OP$ . Процессъ этотъ совершается очень быстро и число ударовъ захлопки доходитъ отъ 50 до 100 въ минуту.

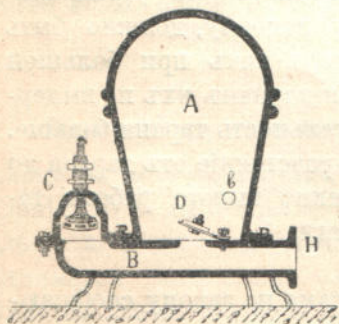
Такимъ образомъ, таранъ работаетъ подъ дѣйствіемъ двухъ силъ: 1) силы тяжести притекающей воды и 2) живой силы движенія. Если бы этой второй силы не было, то по законамъ физики вода въ трубѣ  $GK$  стояла бы на той же высотѣ, какъ и въ бассейнѣ  $MN$ , и никакого бы поднятія воды не происходило.

Таранъ состоитъ изъ нагнетательнаго воздушнаго колокола  $A$

(фиг. 353), приѣмной камеры  $B$  и стопорнаго клапана  $C$ . Камера  $B$  сообщается съ колоколомъ  $A$  захлопкою  $D$ . Въ  $b$  проведена водоподъемная труба.

Хорошими считаются тараны подъ названіемъ „Эврика“.

Стопорный клапанъ (фиг. 354) состоитъ изъ мѣдной точеной захлопки  $k$ , помѣщенной въ круглой коробкѣ,  $a$  съ обточенной изнутри крышкой, къ которой поднятая вверхъ захлопка прилегаетъ

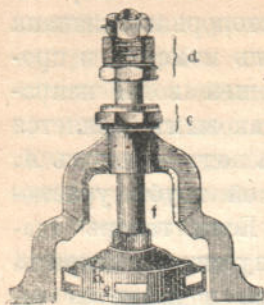


Фиг. 353.

вплотную своимъ верхнимъ краемъ  $f$ . Въ захлопкѣ имѣются окошечки, черезъ которыхъ протекаетъ вода, когда захлопка опущена. Въ центрѣ захлопки укрѣпленъ стержень  $f$ , имѣющій на верху гайку, ниже ко-



торой навинчена муфта  $d$  съ контргайкой  $c$ . Въ нѣкоторыхъ таранахъ



Фиг. 351.

клапанъ открытъ, въ другихъ же онъ помѣщается внутри чугунаго колпака, при этомъ для дѣйствія на захлопку рукою имѣется вверхъ пружина, а отработанная вода отводится въ сторону особою трубою. Ходъ тарана регулируется муфтою на захлопкѣ, и чѣмъ больше будетъ размахъ захлопки, тѣмъ тише будетъ работать таранъ, но тѣмъ больше воды онъ подастъ. Чтобы остановить дѣйствіе тарана, достаточно притянуть захлопку къ закрываемому ею отверстию.

Разъ таранъ пущенъ въ ходъ, онъ работаетъ до тѣхъ поръ, пока въ колоколѣ находится воздухъ. Но такъ какъ воздухъ постепенно поглощается водою и разрѣжается, то отъ времени до времени онъ долженъ быть пополняемъ; достигается это различными способами. Именно: 1) въ камерѣ подъ стопорнымъ клапаномъ просверливается дырочка, черезъ которую понемногу просачивается вода, а при переходѣ воды изъ трубы въ колоколъ присасывается небольшое количество воздуха; 2) внизу колокола устраивается трубка съ клапаномъ, отрывающимся внутрь, и по этой трубкѣ всасывается воздухъ; 3) стопорный клапанъ располагается горизонтально съ пружиною; 4) на верху колокола имѣется особый кранъ. Остановивъ таранъ и закрывъ краны питательной и нагнетательной трубъ, открываютъ этотъ воздушный (вверху колокола) кранъ и спускной кранъ (внизу колокола). Тогда въ колоколъ войдетъ воздухъ, а вода изъ него вытечетъ. Послѣ этого, закрывъ воздушникъ и спускной кранъ открываютъ краны въ трубахъ и таранъ пускаютъ въ работу. О необходимости впустить воздухъ можно узнать по сильнымъ стукамъ машины, а также и по тому, что количество подаваемой воды уменьшается.

Вертикальное разстояніе  $h$  (фиг. 352), на которомъ устанавливается таранъ по отношенію къ питательному водоему, должно быть не меньше 0,30 саж., но и не болѣе 7 саж., такъ какъ при большой высотѣ удары становятся слишкомъ сильными и клапанъ ихъ не выдерживаетъ; хотя при большой высотѣ производительность тарана больше.

Если черезъ  $H$  обозначимъ вертикальное разстояніе отъ тарана до мѣста подачи имъ воды (фиг. 352), то собственно высота работы тарана, или его нагнетаніе будетъ выражено, какъ

$$h = H - h_1,$$

потому что до высоты  $h_1$  вода поднялась бы сама по закону сообщающихся сосудовъ.

Пусть секундный притокъ въ таранъ будетъ  $Q$ , часть этой воды  $q_1$  потеряется черезъ стопорный клапанъ, а другая часть  $q_2$  будетъ поднята тараномъ, слѣдовательно

$$Q = q_1 + q_2.$$



Итакъ, вода въ количествѣ  $Q$ , падая съ высоты  $h_1$ , поднимаетъ воду въ количествѣ  $q_2$  на высоту  $H$ , а слѣдовательно работа тарана выразится какъ  $q_2 H$ , т. е.

$$Qh_1 = q_2 H^1),$$

но если бы изъ этого выраженія мы захотѣли опредѣлить  $q_2$ , то получили бы ошибочный выводъ, потому что изъ всего количества воды  $Q$  часть ея, именно  $q_1$ , теряется, проходя черезъ стопорный клапанъ, и чтобы опредѣлить  $q_2$ , сколько дѣйствительно поднимается воды, надо принять эту потерю во вниманіе, введя въ предыдущее выраженіе коэффициентъ полезнаго дѣйствія  $z$ , зависящій также отъ потерь на сопротивленія; тогда

$$Qh_1 z = q_2 H$$

откуда

$$q_2 = z \frac{Qh_1}{H}$$

Величина  $z$  находится въ зависимости отъ величины отношенія между высотой паденія  $h_1$  и высотой подъема  $H$ . Чѣмъ это отношеніе ближе къ 1, тѣмъ и коэффициентъ больше; такъ (по Эйтельвейну)

при отношеніи  $\frac{h_1}{H} = 1$  коэффициентъ  $z = 0,92$

$$\frac{h_1}{H} = \frac{1}{8} \quad \text{»} \quad z = 0,56$$

$$\frac{h_1}{H} = \frac{1}{20} \quad \text{»} \quad z = 0,23$$

Слѣдовательно, чѣмъ выше нагнетаніе, тѣмъ меньшая величина отъ  $Q$  будетъ эксплуатироваться тараномъ, съ другой стороны, чѣмъ больше высота паденія ( $h_1$ ), тѣмъ большее количество воды пройдетъ черезъ таранъ и тѣмъ ее больше будетъ поднято. Въ среднемъ принимается, что приблизительно  $\frac{1}{10}$  воды, падающей въ таранъ, можетъ быть нагнетаема на высоту въ 7 разъ большую высоты  $h_1$ , т. е. что таранъ эксплуатируетъ 0,7 притекающей къ нему воды, и тогда количество воды, которую поднимаетъ таранъ, будетъ

$$q_2 = \frac{0,7 Qh_1}{H}$$

Формула эта однакоже вѣрна, когда отношеніе  $\frac{h_1}{H}$  не больше  $\frac{2}{7}$ ; вообще же можно считать, что если высота подъема въ 5 разъ больше паденія, то воды поднимется  $\frac{1}{7} Q$ , при высотѣ подъема въ 7 разъ больше  $h_1$  воды поднимется  $\frac{1}{10} Q$ ; при высотѣ въ 10 разъ больше  $h_1$  поднимется  $\frac{1}{20} Q$  и при подъемѣ въ 20 разъ больше паденія поднимается всего  $\frac{1}{100}$  того количества, которое поступитъ въ таранъ.

\*) Въ каталогахъ нѣкоторыхъ фирмъ показанъ такой неправильный выводъ  $Qh^1 = q^2 h^2$ . По этому расчету производительность тарана получается преувеличенной.



Максимальную высоту подъема не слѣдуетъ дѣлать больше, чѣмъ въ 20 саж., такъ какъ въ этомъ случаѣ трубы будутъ подъ очень большимъ давленіемъ (большимъ 4 атмосферъ).

Всѣ данныя работы тарана могутъ быть вычислены по четыремъ видоизмѣненіямъ одной основной формулы. Именно:

$$1) q_2 = \frac{7 Q h_1}{10 H} \dots\dots \text{количество поднимаемой воды.}$$

$$2) H = \frac{7 Q h_1}{10 q_2} \dots\dots \text{высота поднятія воды.}$$

$$3) Q = \frac{10 q_2 H}{7 h_1} \dots\dots \text{необходимый притокъ воды въ минуту въ пудахъ.}$$

$$4) h_1 = \frac{10 q_2 H}{7 Q} \dots\dots \text{необходимая высота паденія}$$

Для развитія удара масса воды должна быть достаточною, поэтому діаметръ питательной трубы и длина ея должны быть соотвѣтствующихъ размѣровъ. Такъ, длина трубы должна быть въ 5 разъ больше высоты паденія и не короче 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> саж., но и не длиннѣе 10 саж. Наиболѣе подходящая длина получается изъ уравненія

$$L = H + 0,3 \frac{H}{h}.$$

Діаметръ трубы зависитъ не только отъ величины расхода  $q^2$ , но и отъ скорости протеканія, почему и опредѣленіе этого размѣра затруднительно. Существуетъ эмпирическая формула:

$$d = 0,03 \sqrt{60 \cdot Q_2}.$$

Приблизительно же можно считать достаточнымъ 2 д. діаметра на каждыя 3 ведра протекающей воды, а діаметръ нагнетательной трубы берется вдвое меньшимъ. Площадь отверстія нагнетательнаго клапана въ колпакѣ не должна быть меньше площади питательной трубы. Питательная труба должна итти отъ бассейна прямо, безъ поворотовъ и колѣнъ, и только если мѣсто не позволяетъ провести длинную трубу, опредѣленную расчетомъ, то ее ведутъ спирально; съ возможно большимъ радіусомъ, нагнетательная же труба можетъ итти съ плавными закругленіями и поворотами.

Такъ какъ стопорный клапанъ всегда садится на сѣдло съ сильнымъ ударомъ, то чѣмъ больше воды будетъ входить въ таранъ, тѣмъ скорѣе износится клапанъ. Когда количество поднимаемой воды не велико и когда высота подъема не превышаетъ 8 высотъ паденія, тогда таранъ по своей производительности представляетъ преимущества предъ всѣми водоподъемниками.

Въ виду того, что производительность тарана зависитъ отъ величины напора  $h_1$ , въ тѣхъ случаяхъ, когда вблизи водоема нѣтъ низкихъ мѣстъ, таранъ ставятъ въ углубленіе или въ колодезь, который для этой цѣли вырываютъ, но при этомъ необходимо, чтобы



вода, прошедшая черезъ стопорный клапанъ, имѣла постоянный стокъ, чтобы таранъ не былъ затопленъ, иначе дѣйствіе его прекратится. Въ предупрежденіе сотрясеній таранъ долженъ быть хорошо укрѣпленъ на фундаментъ, и если предполагается пользоваться тараномъ зимою, его надо помѣстить въ каменную или деревянную камеру, которую слѣдуетъ обсыпать землею; трубы тоже должны быть уложены ниже линіи промерзанія. Когда таранъ не дѣйствуетъ, питательная труба должна быть заперта краномъ.

Строятся тараны различныхъ величинъ отъ игрушечнаго, принимающаго около  $1\frac{1}{2}$  ведра въ минуту, и кончая двадцатипудовою машиною на объемъ притекающей воды до 20 ведеръ въ минуту.

При выборѣ размѣра тарана нельзя всецѣло полагаться на таблицы фирмъ, торгующихъ таранами, потому что тамъ по большей части берется одинъ и тотъ же коэффициентъ полезнаго дѣйствія, именно 0,66, а между тѣмъ этотъ коэффициентъ измѣняется въ очень широкихъ предѣлахъ. Чтобы выбрать подходящий размѣръ тарана, надо прежде всего выяснитъ достаточенъ ли запасъ воды въ томъ водоемѣ, изъ котораго вода будетъ поступать на таранъ, а затѣмъ можно пользоваться слѣдующею таблицею:

№ тарана.	Количество расходую- мой воды Q въ ведрахъ, въ часъ.	Диаметръ питательной трубы.	Диаметръ подъемной трубы.
2	15—40	$\frac{3}{4}$ д.	$\frac{3}{8}$ д.
3	30—75	1 "	$\frac{1}{2}$ "
4	55—125	$1\frac{1}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "
5	110—260	2 "	$\frac{3}{4}$ "
6	220—460	$2\frac{1}{2}$ "	1 "

Такъ какъ тараны большихъ размѣровъ требуютъ значительныхъ расходовъ на установку, то выгоднѣе вмѣсто одного большого тарана поставить рядомъ нѣсколько тарановъ малыхъ размѣровъ. Напр., 5 тарановъ съ водоподъемными трубами дюймоваго діаметра даютъ столько же воды, сколько одинъ таранъ съ  $2\frac{1}{2}$  дюйм. трубою; стоимость же такихъ пяти тарановъ почти вдвое меньше цѣны одного тарана съ  $2\frac{1}{2}$  дюйм. трубою. Небольшая переплата приходится только на трубы. При установкѣ соединенныхъ тарановъ, каждый аппаратъ долженъ имѣть самостоятельную питательную трубу, водоподъемная же труба у нихъ общая.

Таранъ требуетъ совершенно чистой воды, и если прудъ, озеро и вообще водоемъ сильно загрязненъ, то между нимъ и таранною камерою слѣдуетъ поставить пріемную цистерну, въ которой бы осаждалась грязь, а питательную трубу вывести изъ цистерны повыше.



Кромѣ этого, конецъ питательной трубы долженъ быть снабженъ хrapкомъ, не пропускающимъ мусора; если же все-таки въ таранъ будутъ проникать песчинки и будутъ приставать къ стопорному клапану, вызывая этимъ неплотное его прилегание къ гнѣзду и остановку, то эти песчинки надо снять тонкою тряпочкою или пальцемъ.

Изъ сказаннаго видно, что гидравлическій таранъ по его, такъ сказать, добросовѣстности въ работѣ, по простотѣ конструкции, потому что онъ не требуетъ никакого надзора и никакихъ расходовъ на свое содержаніе, является незамѣнимымъ приборомъ въ деревнѣ, для снабженія водою домовъ, бань, казармъ, скотныхъ дворовъ, для поливки садовъ, огородовъ и для другихъ хозяйственныхъ надобностей.

### Примѣры гидравлическихъ расчетовъ каналовъ.

Примѣръ I. *Опредѣлить размеры канавы, пропускная способность которой около 8 ведеръ въ секунду или  $Q=0,01$  кубич. саж., а уклонъ не долженъ быть болѣе 0,005.*

Задаемся скоростью  $v=0,35$  саж. Опредѣляемъ живое сѣченіе  $F$  по формулѣ:

$$\begin{aligned} Q &= Fv, \\ \text{или} \quad 0,01 &= F \cdot 0,35 \\ \text{откуда} \quad F &= \frac{0,01}{0,35} = 0,03 \end{aligned}$$

Для нахождения гидравлическаго радіуса  $R$  пользуемся гидравлическою таблицею (стр. 24); беремъ  $\sqrt{F} = \sqrt{0,03} = 0,173$ , и умноживъ на 0,370, имѣемъ:

$$R = 0,173 \times 0,370 = 0,064$$

Опредѣляемъ коэффициентъ  $c$  изъ формулы Гангюилле, принявъ  $i = \infty$  и  $n = 0,025$

$$c = \frac{15,73 + \frac{0,684}{0,025}}{1 + \frac{15,73 \cdot 0,025}{\sqrt{0,064}}} = 16,88$$

Изъ формулы Чези находимъ уклонъ  $i$ ;  $v = c \sqrt{Ri}$ ;

$$i = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{0,35^2}{16,88^2 \times 0,064} = 0,0068$$

Уклонъ оказывается болѣе допускаемаго условіемъ, а потому, не дѣлая дальнѣйшихъ расчетовъ, задаемся скоростью меньшею, именно



беремъ  $v = 0,3$  саж. Тогда  $F = 0,01 : 0,3 = 0,03$ . Для опредѣленія  $R$  беремъ  $\sqrt{F} = \sqrt{0,03} = 0,173$  и умножаетъ на 0,370 имѣемъ:

$$R = 0,173 \times 0,370 = 0,064.$$

Находимъ  $c$

$$c = \frac{15,73 + \frac{0,684}{0,025}}{1 + \frac{15,73 \cdot 0,025}{\sqrt{0,064}}} = 16,88$$

Опредѣляемъ уклонъ  $i$

$$i = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{0,3^2}{16,88^2 \times 0,064} = 0,0049$$

Уклонъ при такой скорости (0,30) оказывается допустимымъ, поэтому и вычисляемъ по таблицѣ (стр. 24) размѣры канавы съ одинарными откосами.

Глубина воды въ канавѣ  $h$ :

$$h = 0,740 \sqrt{F} = 0,740 \times 0,173 = 0,13 \text{ саж.}$$

Ширина по дну  $b$ :

$$b = 0,613 \sqrt{F} = 0,613 \times 0,173 = 0,11 \text{ саж.}$$

Прибавивъ 15% глубины на запасъ до бровки, имѣемъ полную глубину канавы  $H$ :

$$H = 0,13 + 0,02 = 0,15 \text{ саж.}$$

Ширина по верху  $a$ :

$$a = 2H + b = 0,30 + 0,11 = 0,41 \text{ саж.}$$

Примѣръ II. *Разсчитать элементы канала на расходъ  $Q = 0,10$  куб. саж.; при уклонѣ  $i = 0,0016$ .*

Задаемся скоростью  $v = 0,27$  саж. (около 2 фут.). Тогда:

$$F = \frac{Q}{v} = 0,10 : 0,27 = 0,37$$

По гидравлической таблицѣ (стр. 24) находимъ  $R$ , для чего

$$\sqrt{F} = \sqrt{0,37} = 0,608$$

и  $R = 0,608 \times 0,345 = 0,21$  саж. или 0,45 метра.

Провѣряемъ скорость  $v$  по упрощенной формулѣ Куттера (стр. 28), взявъ коэффициентъ  $m = 2,5$ .

$$v' = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{K}} \cdot \sqrt{Ri} = \frac{100 \cdot \sqrt{0,45}}{2,5 + \sqrt{0,45}} \sqrt{0,45 \cdot 0,0016} = 0,566 \text{ м. или } 0,266 \text{ с.}$$

Такимъ образомъ, эта вычисленная скорость оказалась меньшею заданной всего на 0,004 саж.; пренебрегая этою ничтожною разницею, находимъ по таблицѣ:

$$\text{Глубина воды } h = 0,689 \times \sqrt{F} = 0,689 \times 0,608 = 0,42 \text{ саж.}$$

$$\text{Ширина по дну } b = 0,417 \times \sqrt{F} = 0,417 \times 0,608 = 0,25 \text{ саж.}$$



Глубина канала  $H = h + 15\% (h) = 0,42 + 0,06 = 0,48$  саж.

Ширина по верху  $a = 3H + b = 3 \times 0,48 + 0,25 = 1,69$  саж.

Примѣръ III. *Разсчитать осушительный каналъ при большомъ (больше 15 кв. верстъ) водосборѣ, на расходѣ  $Q = 0,50$  куб. саж. при уклонѣ  $i = 0,001$  и полукорытчатыхъ откосахъ.*

Задаемся скоростью  $v = 0,32$  саж. Глубину воды  $h$  беремъ по профилю въ 0,45 саж. тогда

$$F = \frac{Q}{v} = \frac{0,50}{0,32} = 1,56$$

$$\text{но } F \text{ также} = \frac{3h + 2b}{2} \cdot h.$$

или

$$1,56 = \frac{3 \times 0,45 + 2b}{2} \times 0,45$$

откуда ширина по дну  $b = 2,79$ .

Полная глубина  $H = 0,45 + 15\% (0,45) = 0,52$ .

Ширина по верху  $a = 3H + b = 3 \times 0,52 + 2,79 = 4,35$ .

Провѣряемъ скорость по упрощенной формулѣ Куттера, взявъ  $m = 2,5$ .

Сначала отыскиваемъ смоченный периметръ  $p$  по величинѣ заложения двухъ откосовъ  $s$ , по глубинѣ  $h$  и по ширинѣ по дну  $b$

$$p = 2 \sqrt{h^2 + s^2} + b = 2 \sqrt{0,45^2 + 0,68^2} + 2,79 = 4,43$$

$$\text{о } R = \frac{F}{p} = \frac{1,56}{4,43} = 0,352 \text{ саж. или } 0,75 \text{ метра.}$$

Находимъ коэффициентъ  $K$ .

$$K = \frac{100 \sqrt{R}}{100 + \sqrt{R}} = \frac{100 \cdot \sqrt{0,75}}{100 + 0,75} = 25,73$$

Опредѣляемъ  $v'$

$$v' = K \sqrt{Ri} = 25,73 \sqrt{0,75 \cdot 0,001} = 0,672 \text{ метра или } 0,314 \text{ саж.}$$

Разница между  $v$  и  $v'$  всего 0,006; т. е. меньше допускаемой (0,007), поэтому на такомъ расчетѣ и останавливаемся.















